

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

« _____ » _____ 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування (6.050502 - Інженерна механіка)
на тему: Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур

Виконав (-ла) студент (-ка) 4 курсу, групи

ЛП-51-1
(шифр групи)

Мамчур Олександр Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доц. к.т.н. Чемерис А.О.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з розділів:

ОХОРОНА ПРАЦІ доц. к.т.н. Ковтун І.М.

МОДЕРНІЗАЦІЯ доц. к.т.н. Щербина В.Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

_____ (підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра _____ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування _____

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність __6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

« _____ » _____ 2019 р

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

(П.І.Б.)

1. Тема проекту __Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур_____

керівник проекту __доц. к.т.н. Чемерис А.О._____

затверджена наказом по університету від « _____ » _____ 201 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту « _____ » _____ 201 р. _____

3. Вихідні дані до проекту _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ТБ та ОП	доц. Ковтун І.М.		
Модернізація	д.т.н., проф.. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	ст.викл. Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання:

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Отримання завдання для дипломного проекту.		
2.	Проходження переддипломної практики.		
3.	Здійснення пошуку патентів. Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.		
4.	Обґрунтування модернізації.		
5.	Підготовка розділу «Пояснювальна записка»		
6.	Виконання розрахунків.		
7.	Підготовка розділу «Розрахунки»		
8.	Підготовка розділу «Технологія виготовлення деталі і монтажу вузла»		
9.	Робота над кресленнями в CAD-системах .		
10.	Захист дипломного проекту		

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Бакалаврський дипломний проект на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур», виконав студент групи ЛП-51-1 Мамчур О.В., керівник – доц., к.т.н. – Чемерис А.О.

Метою дипломного проекту є оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», що складається з 3 розділів. Загальний обсяг дипломного проекту становить 86 с., 34 іл., 17 джерел посилань.

Проект містить опис мостового переходу аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро розглянуто його призначення.

У проекті виконано літературний пошук конструкцій мостових переходів схожої конструкції до переходу через р. Дніпро з метою огляду різних варіантів рішень виконання мостових переходів і визначення кіль мостів які потребують оцінки залишкової міцності, подібних, мостових переходів.

Розрахунок деформацій, напружень і через р. Дніпро від дії вітрових навантажень (з використанням 3D моделі) дозволяє зробити висновок про стан моста під час експлуатації на протязі сорока років.

В результаті аналізу даних розрахунків було виявлено слабкі місця мостового переходу.

За результатами роботи над дипломним проектом було опубліковані тези.

Також у бакалаврському дипломному проекті розглянуто вимоги охорони праці .

Ключові слова: АМІАКОПРОВІД, МОСТОВИЙ ПЕРЕХІД, МАТЕРІАЛ.

РЕФЕРАТ

Бакалаврский дипломный проект на тему «Оценка долговечности аммиакопровода через р. Днепр от действия сезонной смены температур», выполнил студент группы ЛП-51-1 Мамчур О.В., руководитель - доц., к.т.н. - Чемерис А.О.

Целью дипломного проекта является оценка долговечности аммиакопровода через р. Днепр от действия сезонной смены температур. Дипломный проект содержит «пояснительную записку», состоящий из 3 разделов. Общий объем дипломного проекта составляет 86 с., 34 ил., 17 источников ссылок. Проект містить опис мостового переходу аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро розглянуто його призначення.

В проекте выполнен литературный поиск конструкций мостовых переходов похожей конструкции для перехода через р. Днепр с целью осмотра различных вариантов решений выполнения мостовых переходов и определения киль мостов требующих оценки остаточной прочности, подобных, мостовых переходов.

Расчет деформаций, напряжений и через р. Днепр от действия ветровых нагрузок (с использованием 3D модели) позволяет сделать вывод о состоянии моста во время эксплуатации в течение сорока лет.

В результате анализа данных расчетов было выявлено слабые места мостового перехода.

По результатам работы над дипломным проектом было опубликованы тезисы.

Также в бакалаврском дипломном проекте рассмотрены требования охраны труда.

Ключевые слова: Аммиакопровод, МОСТОВОЙ ПЕРЕХОД, МАТЕРИАЛ.

ABSTRACT

Bachelor diploma project on the topic "Estimation of durability of ammonia pipeline across the Dnipro river from the effect of seasonal temperature changes", performed by the student group LP-51-1 Mamchur O.V., supervisor - assistant professor, Ph.D. - Chemeris A.O.

The purpose of the diploma project is to assess the durability of the ammonia pipeline across the Dnipro River from the seasonal temperature changes. The diploma project contains an "Explanatory note" consisting of 3 sections. The total volume of the diploma project is 86 pp., 34 pp., 17 sources of references.

The project contains a description of the bridge transition of the ammonia pipeline Togliatti-Odesa across the Dnipro river and its destination.

The project carried out a literary search for constructions of bridge designs of similar design to the transition across the Dnipro river in order to review various variants of solutions for bridge transitions and to determine the pivots that require estimation of residual strength, similar, bridge transitions.

The calculation of deformations, stresses and through the Dnipro river from the effect of wind loads (using the 3D model) allows us to conclude about the condition of the bridge during operation for forty years.

As a result of the analysis of these calculations weaknesses of the bridge transition were identified.

As a result of work on the thesis project, theses were published.

Also in the bachelor diploma project the requirements of labor protection are considered.

Key words: AMIACOPROVID, MOSCOW TRANSITION, MATERIAL.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

A^i – площа скінченного елемента, m^2 ;

C^{ijkl} – компоненти тензора физико механічних характеристик;

σ^{ij} – тензор напружень, Па;

e_{kl}^T – температурні деформації;

e_{rp}^m – тензор деформацій;

e_{ij} – коваріантні компоненти тензора деформацій;

E – модуль Юнга, Па;

N – кількість циклів навантаження;

$\{f_m^{i'}\}$ – вектор навантажень, Н;

$[F]^\varnothing$ – матриця жорсткості СЕ;

F_S^i – функції приведення;

n – коефіцієнт запасу;

\vec{R} – радіус-вектор точки К після деформації;

σ_{\max} – максимальне значення напруження, Па;

σ_l – поле накопичених напружень в СЕ, Па;

g_{ij} – коваріантні компоненти метричного тензора;

G – інтенсивність виділення енергії, Па·м;

G_{ij} – метричний тензор деформованого тіла;

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\tilde{G}_{fsrt}^{tp'}$ – коефіцієнти матриці жорсткості ізопараметричного скінченного елемента;

N – кількість циклів навантаження;

P_n – поле вузлових узагальнених навантажень, що прикладаються до конструкції, Н;

ΔP – приріст навантаження, Н;

r_n – поле вузлових нев'язок, Н;

R_i^p – реакція у вузлі, Н;

ν – коефіцієнт Пуассона;

σ – еквівалентне напруження, Па;

$R_{p0.2}^T$ – межа текучості при розрахунковій температурі, Па;

\vec{r} – радіус-вектор;

ΔT – приріст температури, °С;

\vec{u} – вектор переміщень, м;

V – об'єм, м³;

a_{kl} – коефіцієнт температурного розширення, 1/°С;

ξ_{mn} – компоненти градієнта переміщень, м/м;

Основні скорочення

АПРОКС – автоматизована система міцнісних розрахунків оболонкових і комбінованих систем;

СЕ – скінчений елемент;

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- МЖ – матриця жорсткості СЕ;
- МСЕ – метод скінчених елементів;
- ПОО – проблемно-орієнтований оператор;
- ПОМ – проблемно-орієнтована мова;
- ІАТО – ітераційно-аналітична теорія оболонок;
- МССЕ – моментна схема скінчених елементів;
- ПОО – проблемно-орієнтований оператор;
- ПОМ – проблемно-орієнтована мова;

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВКЛАДЕНЬ

Реферат з ключовими словами (укр. мова)

Реферат з ключовими словами (англійська мова)

Реферат з ключовими словами (російська мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до графічної частини /ПЗ/33 с.

II Математична модель /ММ/13 с.

III Розрахунки /РР/23 с.

Список використаних джерел та матеріалів

Додатки

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Мамчур О.В.				Оцінка залишкової міцності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Чемерис А.О.						1	
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.								
Затверд.	Гондляр О.В.							

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему:
«Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії
сезонної зміни температур»

Київ 2019

ЗМІСТ

Вступ.....	2
1. Призначення та галузь застосування.....	3
2. Технічні характеристики базової конструкції.....	5
3. Літературний огляд стану питання.....	6
4. Опис базової конструкції, її основних частин.....	9
5. Охорона праці	15
5.1. Загальні вимоги безпечної роботи з магістральним аміакопроводом	17
5.2 Вимоги до безпечної експлуатації лінійної частини	18
магістрального аміакопроводу.....	18
5.3 Вимоги до безпечної експлуатації електроустановок	23
5.4. Пожежна безпека.....	25
5.5. Заходи щодо захисту працівників від травмування.....	31

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Виконав	Мамчур О.В.				Оцінка залишкової міцності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур	Літ.	Аркуш
Перевірів	Чемерис А.О.						1
Реценз						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Н. Контр.							
Затв..	Гондляр О.В.						

Вступ

Аміак (NH_3) – один з найбільш поширених промислових хімікатів, що використовується в промисловості та торгівлі. Він один з найважливіших продуктів сучасної хімічної промисловості. Головною галуззю його застосування є виробництво нітратної кислоти і азотних добрив. Крім того, аміак використовують для виробництва багатьох інших хімічних продуктів.

Щорічно цю речовину виробляють у величезних кількостях - більше 100 млн тон. Фізичні та хімічні властивості аміаку обумовлюють його застосування в різних областях, найбільш він використовується в хімічній промисловості.

Аміак — безбарвний газ з характерним різким запахом. Він майже у два рази легший від повітря. Речовина отруйна. При великих концентраціях і тривалому впливі на людський організм здатний викликати набряки і ураження різних органів.

У хімічному відношенні аміак досить активний, він вступає під взаємодію з багатьма речовинами. Наприклад, реакція безводного аміаку з азотною кислотою на практиці дозволяє отримати аміачну селітру, яка застосовується для виробництва добрив. Аміак є відновником. Він здатний відновлювати різні метали з їх оксидів. Реакція взаємодії аміаку з оксидом міді дає можливість отримати азот.

Аміак вимагає особливих заходів при транспортуванні в зв'язку з небезпечністю.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1. Призначення та галузь застосування

Незважаючи на VI клас небезпеки до якого відноситься аміак, його використовують в самих різних сферах. Близько 80 % аміаку, що виробляється промисловістю, використовується в сільському господарстві як добриво. Аміак використовують також у холодильних установках, для очищення водного приладдя, у виробництві пластику, вибухових речовин, текстилю, пестицидів, барвників та інших хімічних речовин. З аміаку виробляють такі продукти:

- нашатирний спирт. Його застосовують в медицині і в побуті. Дана речовина відмінно виводить плями з одягу різного походження, а також нейтралізує кислоти.

- аміачні і аміачно-нітратні добрива (аміачні та нітратна селітра, сульфат амонію, хлористий амоній і ін.). Такі добрива підходять для різних сільськогосподарських культур.

- розчинник. Аміак, в рідкому стані, може використовуватися як розчинник різних органічних і неорганічних речовин.

- сода. Існує аміачний метод отримання кальцинованої соди. Аміак використовується для насичення сольового розсолу. Даний метод активно використовується для промислового виробництва соди.

- азотна кислота. Для її виробництва використовують синтетичний аміак. На даний момент промислове виробництво даної речовини засноване на явищі каталізу синтетичного аміаку.

- вибухові речовини. Нітрат амонію нейтральний до механічного впливу, але за деяких умов характеризується високими вибуховими властивостями. Саме тому він використовується для виробництва таких речовин. В результаті отримують амоніти - аміачні вибухові речовини.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- аміачна - холодильна установка. Аміак застосовується в холодильній техніці, як холодильного агента. Аміак не викликає парниковий ефект, він екологічно чистий і дешевше фреонів. Ці фактори обумовлюють застосування даної речовини в якості холодоагенту.

Оскільки аміак використовується в промисловості у великих обсягах і при цьому становить загрозу для навколишнього середовища, важливим завданням є безпечно його транспортування від виробника до споживача. Всім цим вимогам відповідає трубопровід. Так як при $-33,35^{\circ}\text{C}$ і звичайному тиску аміак скраплюється в безбарвну рідину, а при $-77,75^{\circ}\text{C}$ замерзає, перетворюючись у безбарвну кристалічну масу, тому його зберігають і транспортують під тиском 6-7 атм. Трубопровідний транспорт посідає перше місце серед інших видів транспорту по доставці вантажів на далекі відстані у великих об'ємах і при правильному проектуванні він є одним з найбезпечніших видів транспортування. Зазвичай лінія трубопроводу розміщена під землею. Однак часто існують штучні та природні перешкоди у вигляді річок, каналів, водосховищ т.п., які є економічно несприятливими для обходу трубопроводом. Часто встановлення підземних або підводних труб в цих умовах також неможливо. Це призводить до необхідності будівництва повітряних трубопроводів, серед яких найпоширенішими є мостові переходи різних типів. Проектування і експлуатація таких мостових переходів є дуже важливою задачею тому, що вихід з ладу мостового переходу через призводить до забруднення на великих територіях.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технічні характеристики базової конструкції

Мостовий перехід через р. Дніпро був побудований для прокладення аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро і має наступні основні показники:

- маса металоконструкції - 805 т;
- маса канатів -560 т;
- маса механічних вузлів и деталей - 47 т;
- загальна маса моста -1412 т;
- висота пілонів – 87 м;
- діаметр канатів головного кабелю – 71,5 мм;
- діаметр канатів вітрових відтяжок – 71,5 мм;
- габарити ферми жорсткості – 2,4х2,8 м;
- довжина ферми жорсткості – 720 м;
- підмостовий габарит – 13,5х640 м;
- бетон і залізобетон в опорах – 4587 м³.

Збірні елементи опор (бетонні та залізобетонні) мають вагу, що не перевищує 15 тон. Марка бетону опор 200 і 300, морозостійкість 200. Бетон для опор гідротехнічний по ГОСТ 4795-68.

Марки сталей елементів конструкції моста:

- Балка жорсткості:
 - 09Г2С (пояса, труби Ø219) ;
 - сталь 20 (інші трубчасті елементи);
 - 10Г2СД-12 (фасонки та фланці монтажних стиків).
- Пілони:
 - 14Г2-6 (стойки);
 - 10Г2СІД12 (нижній та середній ригелі);

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

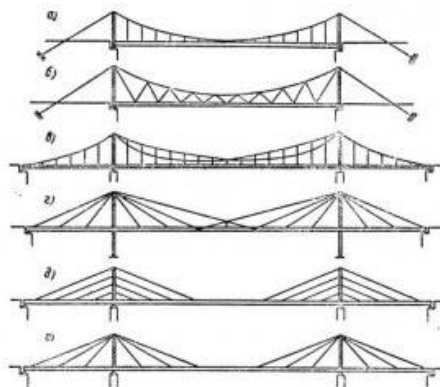
- 16Г2АФ-12 (верхній ригель);

3. Літературний огляд стану питання

Для обходу водних перешкод використовують повітряні трубопровідні переходи, які поділяються на три основні типи: самонесучі (балкові); висячі і вантові тощо; несучі, в яких трубопроводи вкладаються на спеціальні конструкції у вигляді мостів.

Висячі і вантові мости становлять велику область мостобудування. Вони є найбільш економічними конструкціями для перекриття великих прольотів. Однак і в значно менших прольотах, легко перекриваються звичайними конструкціями, висячі і вантові мости можуть виявитися раціональними завдяки переважного використання в них високоміцної сталі, що залежить насамперед від вартості і ступеня дефіцитності сталевих канатів.

Останнім часом поряд зі звичайною однокабельною висячою системою з вертикальними підвісками набувають поширення різні висячі і вантові системи підвищеної жорсткості, представлені на рис.3.1, що відрізняються поліпшеною аеродинамічній стійкістю і хорошими економічними показниками. Для збільшення поперечної жорсткості і стійкості іноді застосовують горизонтальні попередньо напружені ферми зі сталевих канатів.



а) - з закріпленням кабелю за балку жорсткості; б) - з похилими підвісками; в) - двухцепна; г) - двухшарнирная вантова; д) - паралельно-вантова; е) - радіально-вантова

Рис.3.1 Вісячі и вантові системи підвищеної жорсткості

На даний момент існує велика кількість вісячих мостів які активно експлуатуються. На рис.3.2 – 3.3 представлені фотографії трьох різних вісячих мости і трубопровідних переходів.

Міст Золоті ворота (рис.3.2) - підвісний міст через протоку Золота Брама. Довжина моста - 1970 метрів, довжина основного прольоту - 1280, висота опор - 230 метрів над водою. Від проїжджої частини до поверхні води - 67 метрів. Сталева ґратчаста ферма жорсткості висотою 7,6 м підтримується двома кабелями з паралельних дротів діаметром 92,7 см. (Кабель складається з 61 пасма, кожна пасмо складається з 450 дротів.



Рис.3.2 – міст Золоті ворота

На рис.3.3 представлений трубопровідний перехід через річку Ельба в Чехії з однопрогоновою вісячої несучою системою і довжиною прольоту 186 м. Підтримуюча система переходу має трикутний вигляд і складається з несучого кабелю і двох стабілізуючих тросів.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рис.3.3 Висячий трубопровід через р. Ельба біля м. Усті-над-Лабем в Чехії

Їхнім мінусом є необхідність обстежувати об'єкти щоб визначити стан і необхідність ремонту. Щоб позбутися цієї необхідності потрібно відслідковувати всі навантаження які діють на об'єкт до таких відносяться:

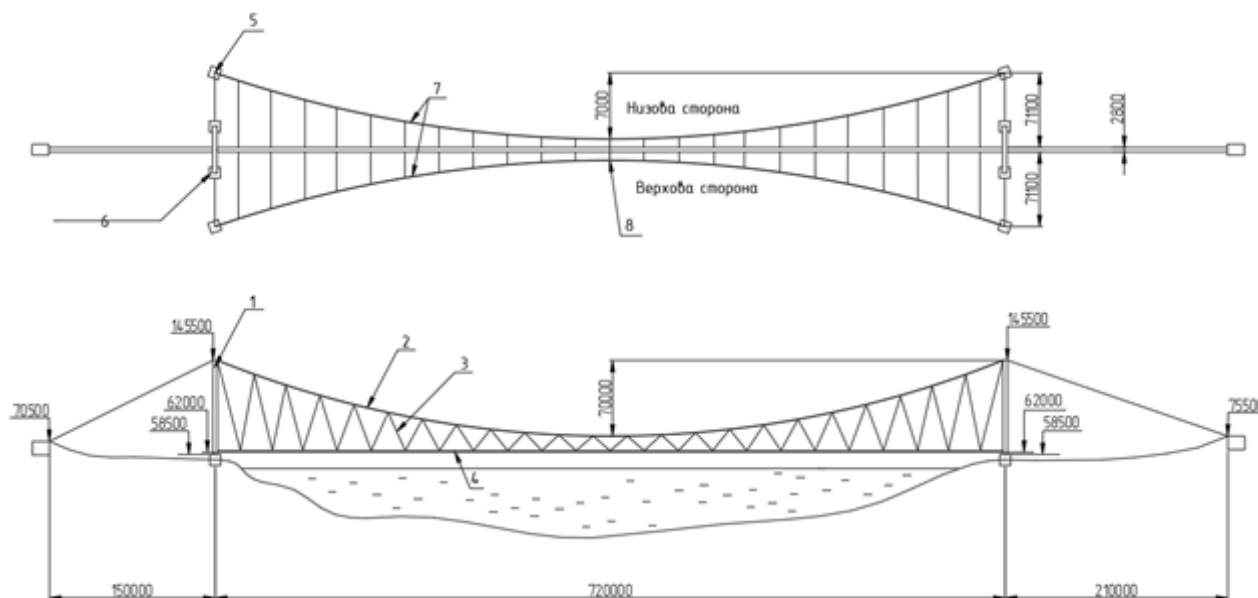
- навантаження від дії температури;
- вітрові навантаження;
- навантаження від маси елементів і продукту;

Тому виникає необхідність проведення складних статистичних розрахунків з урахуванням геометричної та фізичної не лінійності і вивчення поведінки велико-прольотних трубопроводів при дії динамічних навантажень.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Опис базової конструкції, її основних частин

На рис.4.1 зображено мостовий перехід через р. Дніпро.



1. Пілон; 2. Кабель; 3. Похила підвіска; 4. Балка жорсткості;
5. Залізобетонна опора пояса вітрової ферми; 6. Залізобетонна опора пілона;
7. Вітровий пояс; 8. Нерухома опора поясів вітрової.

Рис.4.1. Загальний вид

Висячий міст призначений для пропуску аміакопроводу (труба $\varnothing 355,6 \times 12,7$) в захисному кожусі (труба $\varnothing 530 \times 8$) і розташований в Південному створі річки Дніпро. Ширина річки становить 630 м і перекривається одним висячим прольотом, без проміжних опор, довжиною 720м. Для цієї споруди застосовані:

- дві висячі вертикальні ферми прольотом 720 м, що складаються з несучих кабелів, розкосів (Похилих підвісок) і гратчастої балки жорсткості (рис.4.2);
- два берегових пілона (рис.4.3)
- двохпоясна горизонтальна вітрова система, що складається з поясів і горизонтальних відтяжок.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Пілони представляють собою металеві рами з А-подібними похилими в поперечному напрямку стійками. Монтажні з'єднання стійок і ригелів пілонів виконані на високоміцних болтах М24.

Вертикальні висячі ферми і горизонтальні вітрові ферми об'єднані в просторову систему похилими відтягненнями, балкою жорсткості і поперечними (в 4-х перетинах по довжині мосту) хрестовими зв'язками і розтяжками з канатних елементів (рис.4.4, рис.4.6)

З'єднання стійок пілона з залізобетонною опорою – жорстке. Опори пілонів, анкерні опори поясів вітрової системи і несучого силового кабелю (берегових відтяжок) – залізобетонні. У конструктивному відношенні опори моста діляться на три групи:

- анкерні опори головної відтягнення: по дві опори на лівому і правому березі;
- опори під пілони: по дві опори на лівому і правому берегах;
- опори вітрових відтяжок: по дві опори на лівому і правому берегах.



Рис.4.2. Загальний вигляд моста

Рис.4.3. Пілон. Кабелі та похилі підвіски висячих ферм

Опори під пілони моста роздільні під кожну ногу. Кожна опора складається з монолітної залізобетонної плити, збірно-монолітного тіла опори і монолітної залізобетонної підферменної плити оголовка.

Відмітка верху підферменних плит для всіх опор однакова. Висота тіла опор на лівому і правому березі різна. Фундаментні плити опор спираються на міцні граніти. Опори під пілони розраховані без урахування закладення в граніт і сприймають розрахункові зусилля за рахунок власної ваги і сил тертя бетону об граніт.

Висячі ферми з трикутною решіткою розбиті на 24 панелі по 30 м кожна. Висота ферми в середині прольоту 8,1 м, у пілона 84,1 м. Відстань між фермами 2,8 м.

Вузлові з'єднання несущого кабелю з похилими підвісками виконані за допомогою 2-х деталей, обжимаючих канати, з'єднаних стяжними високоміцними болтами. До стяжним деталей кріпляться фасонки підвісок (рис.4.7). До фасонки балки жорсткості підвіски кріпляться за допомогою гвинтових стяжок.

Анкерні опори поясів вітрової системи і анкерна опора несучого силового кабелю на правому березі – гравітаційного типу, анкерна опора несучого силового кабелю на лівому березі – скельний анкер, що використовує опір сколюванню скельної породи.

По мосту прокладена одна нитка аміакопроводу (труба Ø355,6x12,7) в захисному кожусі (труба Ø530x8), яка спирається на балку жорсткості через тороїдальні ролики.

Канали берегових компенсаторів розташовані на правому і лівому берегах р. Дніпро і призначені для сприйняття переміщень від температурних деформацій трубопроводу магістрального аміакопроводу, який розташований в залізобетонних

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

каналах. Аміакопровід в каналі спирається на ковзаючі опори, які приварені до закладних деталей опорних подушок.

Верхній пояс кожної висячої ферми (несучий кабель) складається з 6-ти основних канатів діаметром 71,5 мм і одного дистанційного каната. Кабелі спираються на сідлоподібні опори пілонів і переходять в берегові відтягнення.

Балка жорсткості це просторова гратчаста конструкція, що складається з 2-х вертикальних ферм, верхні пояси яких з'єднані зв'язковою фермою, і системи поперечних і поздовжніх балок в рівні нижніх поясів вертикальних ферм (Рис.4.5). Поздовжній профіль балки жорсткості виконаний по плавній кривій з будівельним підйомом. В рівні нижнього пояса на поперечних балках через кожні 12 м встановлені тороїдальні роликові опори. На них спирається трубчастий кожух діаметром 530 мм, всередині якого вміщено аміакопровід. Пояса вітрової системи з'єднується з фермами спеціальними кріпленнями (рис.4.6).

Розкоси (похилі підвіски) висячих ферм виконані з одиночного каната діаметром 39,5 мм. Розкоси з боку балки жорсткості закінчуються гвинтовими стяжками для регулювання натягу похилих підвісок.

Канали прийняті напівпрохідного типу заввишки 1,5 м, шириною 2,1м і розташовуються надземно. На початку і наприкінці компенсаторів передбачені люки-лази. Для можливості природної вентиляції в місцях люків встановлені дефлектори. Канали виконані зі збірних залізобетонних лотків індивідуального виготовлення в опалубці за аналогією лотків по серії ІС 01-04. У місцях поворотів збірних елементів каналів берегові компенсатори вирішені в збірно-монолітному варіанті: монолітні ділянки днища і стінок з бетону класу С12 / 15 (В15), покриття монолітних ділянок виконано з добірних залізобетонних плит (серія ІС-01-04, випуск 2).

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.4.4. Похилі підвіски і балка жорсткості



Рис.4.5. Загальний вид балки жорсткості



Рис.4.6. Пояс вітрової ферми і середній вузол кріплення пояса до балки жорсткості

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(1).091696.01-70ПЗ

Арк.

13



Рис.4.7. Вузол кріплення похилих підвісок до основного кабелю

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

Аміак відноситься до небезпечних речовин VI-класу небезпеки тому в процесі транспортування і видачі потрібно звернути увагу на , високою та низькою температурою, установками, які працюють під тиском. Тому потрібно строго виконувати заданий режим, неперервно слідкувати за роботою апаратури, для забезпечення безпеки.

Цей розділ розроблено для дипломного проекту на тему: “ Оцінка залишкової міцності аміакопроводу через р. Дніпро від температурних навантажень”. При проектуванні було розроблено заходи, що забезпечують безпеку персоналу в процесі експлуатації та ремонтних робіт аміакопроводу у відповідності до Державних актів [17], що забезпечують виконання Закону України «Про охорону праці» .

Магістральний аміакопровід, яким транспортують рідкий аміак у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, відносять до об'єктів підвищеної небезпеки згідно з порядком ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки. До робіт підвищеної небезпеки відносяться вогневі, газонебезпечні, земляні, роботи в електроустановках, вантажно-розвантажувальні і роботи на висоті. Роботи підвищеної небезпеки, що періодично повторюються, які є невід'ємною частиною технологічного процесу транспортування рідкого аміаку магістральним трубопроводом, характеризуються аналогічними умовами, сталістю місця і характером робіт, певним складом виконавців, дозволяється проводити без оформлення наряду-допуску. При цьому виконавці робіт повинні дотримуватися вимог безпеки, передбачених чинними нормативно-правовими актами з охорони праці.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До таких робіт відносять:

- роботи, пов'язані з технологічним процесом зливання - наливання рідкого аміаку у резервуари-сховища, цистерни та інші ємності;
- злив нафтопродуктів (бензин, дизпаливо тощо) з резервуарів, тари та інших ємностей;
- технічне обслуговування (огляди, профілактичні ремонти) технологічного устаткування магістрального аміакопроводу і його інженерних комунікацій;
- технічне обслуговування (огляди, профілактичні ремонти) технологічного устаткування магістрального аміакопроводу і його інженерних комунікацій;
- обслуговування і ремонт акумуляторних батарей;
- зберігання і застосування азоту, кисню, аміаку;
- управління транспортом і самохідним технологічним устаткуванням;
- механічне оброблення металів;
- ряд інших робіт, передбачених переліком робіт підвищеної небезпеки.

При роботі використовують захисні засоби: захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений хімічно стійкий одяг, маски та фільтруючі респіратори. До виконання робіт на переході допускаються особи:

- що пройшли інструктаж і навчання безпечним методам роботи зі здачею іспитів на допуск до самостійної роботи;
- вміють користуватися індивідуальними засобами захисту;
- забезпечені відповідно спеціальності або посади спецодягом, спецвзуттям та перевіреними засобами індивідуального захисту (захисні шоломи, запобіжний пояс з двома ланцюгами, протигаз марки "КД", захисні окуляри, рятувальний жилет та ін.);
- вміють надати першу допомогу потерпілому;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- знають призначення первинних засобів пожежогасіння і правил гасіння пожежі;
- знають властивості аміаку, характер його дії на організм.

5.1. Загальні вимоги безпечної роботи з магістральним аміакопроводом

Під час проведення робіт підвищеної небезпеки, які виконують з оформленням наряду-допуску, необхідно призначити відповідального за підготовку і проведення цих робіт.

Особа, відповідальна за підготовку робіт підвищеної небезпеки, зобов'язана: організовувати розроблення і виконання у повному обсязі

заходів щодо підготовки робочого місця (обладнання) до безпечного проведення робіт; контролювати виконання підготовчих робіт; перевіряти повноту та якість виконання підготовчих робіт.

Особа, відповідальна за проведення робіт підвищеної небезпеки, зобов'язана: організовувати розроблення і виконання заходів щодо безпечного проведення робіт; перебувати на місці проведення робіт, керувати і контролювати проведення робіт підвищеної небезпеки; перевіряти повноту та якість проведення робіт підвищеної небезпеки; після закінчення робіт перевіряти робочі місця на відсутність джерел небезпеки.

Виконавці робіт підвищеної небезпеки зобов'язані:

- отримати інструктаж щодо безпечного проведення робіт підвищеної небезпеки і розписатися у наряді-допуску;
- ознайомитися з обсягом робіт на місці їх проведення;
- приступати до виконання робіт тільки за вказівкою особи, відповідальної за проведення робіт підвищеної небезпеки;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконувати тільки ту роботу, що зазначена у наряді-допуску, з додержанням усіх заходів безпеки;
- вміти користуватися засобами індивідуального захисту;
- після закінчення робіт ретельно оглянути робоче місце з метою виявлення порушень, які можуть призвести до виникнення пожежі, травми або аварійних ситуацій;
- під час виконання робіт піклуватися про власну безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей.

До проведення робіт підвищеної небезпеки допускаються особи, які досягли 18 років, мають відповідну професійну кваліфікацію, не мають медичних протипоказань до виконання цих робіт, пройшли інструктаж, навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

5.2 Вимоги до безпечної експлуатації лінійної частини магістрального аміакопроводу

Експлуатацію лінійної частини магістрального аміакопроводу (надалі ЛЧМА) слід здійснювати відповідно до вимог правил і норм з охорони праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки, технічної експлуатації, а також з урахуванням вимог цього підрозділу.

Безпеку експлуатації ЛЧМА необхідно забезпечувати:

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) додержанням норм технологічного регламенту транспортування рідкого аміаку магістральним трубопроводом через територію України;

б) контролем технічного стану об'єктів ЛЧМА (кульових кранів, зворотних клапанів, переходів через водні перешкоди, мостових переходів, переходів через автомобільні дороги і залізничні колії, мереж телекомунікацій, ліній електропередавання тощо) лінійними обхідниками, візуальним оглядом і за допомогою технічних засобів;

в) виконанням планових ремонтно-профілактичних робіт і своєчасною заміною морально застарілого і спрацьованого устаткування;

г) систематичним контролем охоронної зони об'єктів ЛЧМА з метою:

- своєчасного виявлення витoku аміаку;
- перевірки наявності розпізнавальних знаків позначення траси;
- виявлення фактів виконання в охоронній зоні недозволених робіт іншими підприємствами.

Для забезпечення безпечних режимів роботи магістрального аміакопроводу (при транспортуванні, у період в арійних або планових зупинок) слід передбачати автоматизовану систему управління технологічним процесом транспортування рідкого аміаку на базі електронних засобів контролю і мікропроцесорної техніки, включаючи засоби обчислювальної техніки з відповідним програмним забезпеченням.

Для оперативного виявлення можливого витoku аміаку і вжиття запобіжних заходів передбачають автоматичне постійне вимірювання значень тиску рідкого аміаку і різниці потенціалів "труба-земля" за всією трасою магістрального аміакопроводу і витрати рідкого аміаку на насосних станціях.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для відключення аварійних ділянок ЛЧМА у разі їх розгерметизації з метою зменшення екологічних наслідків аварій передбачають систему протиаварійного захисту.

Відключення аварійних ділянок здійснюють автоматичним закриттям кульових кранів на постах секціонування при тиску рідкого аміаку нижче від значення, передбаченого проектною документацією.

Усі пости секціонування повинні мати байпасну (обвідну) лінію з відсіченою арматурою, дренажем, контрольно-вимірювальними приладами, штуцером для скидання газоподібного аміаку на факел.

Дистанційне управління постами секціонування слід здійснювати з ЦПУ основного і резервного.

Лінійно-експлуатаційний персонал ЛЧМА зобов'язаний:

а) контролювати технічний стан наземних споруд і вузлів, доступних для зовнішніх оглядів (ГПС, СПС, зворотні клапани, засоби ЕХЗ, лінії електропередавання, телекомунікаційні мережі, вантові переходи через водні перешкоди тощо);

б) здійснювати контроль за станом ґрунту над і під магістральним аміакопроводом і кабелем електрозв'язку, особливо у разі їх прокладення у просідаючих ґрунтах і на підроблюваних територіях, а також після злив, тривалих дощів та під час весняних паводків;

в) перевіряти фактичний тиск аміаку за манометрами для виявлення витоків аміаку з магістрального аміакопроводу та азоту з міжтрубних просторів кожухів трубопроводу на переходах аміакопроводу через водні перешкоди за типом "труба у трубі" та з рамп балонів з азотом на постах секціонування;

г) контролювати наявність і підтримувати у справному стані знаки позначення траси магістрального аміакопроводу (попереджувальні,

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформаційно-вказівні та ін.), знаки суднохідної обстановки і позначення перехрещень аміакопроводу з комунікаціями інших підприємств;

г) на водних переходах магістрального аміакопроводу усувати підмиви, розмиви, зсуви і підтримувати у справному стані берегоукріплення, льодозахисні споруди тощо;

д) контролювати стан сальникових ущільнень і лотків компенсаторів водних переходів.

Для запобігання аваріям, вибухам, пожежам, отруєнням та нещасним випадкам під час експлуатації магістрального аміакопроводу необхідно дотримуватися норм технологічного режиму, передбачених регламентом транспортування рідкого аміаку магістральним трубопроводом, і вимог інструкцій з охорони праці на робочих місцях:

- перебувати на робочому місці в спеціальному одязі, спеціальному взутті та інших засобах індивідуального захисту (окуляри, фільтруючі протигази марки КД, рукавиці тощо,
- застосування яких передбачено нормативно-правовими актами з питань охорони праці);
- підтримувати у справному стані огорожі рухомих частин і механізмів;
- контролювати герметичність усіх з'єднань трубопроводів і устаткування;
- здійснювати огляд охоронної зони аміакопроводу з метою своєчасного виявлення запаху аміаку або рідкого аміаку на поверхні землі, перевірки стану споруд на трасі (насипи, канави, зрізки землі, яри, підходи

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до підводних переходів). За наявності пропусків на аміакопроводі, які можна визначити за запахом, зміною забарвлення рослин, необхідно повідомити оператора диспетчерського зв'язку підприємства і начальника лінійної ділянки;

- допускати роботу на трубопроводах, оснащених усіма необхідними, передбаченими проектною документацією, запобіжними пристроями, контрольно-вимірювальними приладами, сигналізаціями і блокуваннями;

- слідкувати за станом кріплень трубопроводів;

- запобіжні клапани повинні бути справними, перевіреними та опломбованими, мати паспорти і сертифікати;

- забезпечувати справний стан заземлення устаткування і комунікацій;

- забезпечувати безперебійне постачання об'єктам лінійної частини аміакопроводу азоту, електроенергії.

Усі підземні трубопроводи, наземні трубопроводи, а також металеві споруди лінійної частини магістрального аміакопроводу слід захищати від корозії (грунтової, атмосферної і викликаної блукаючими струмами). Ізоляційні покриття для захисту від корозії повинні відповідати вимогам проектною документації.

Система електрохімічного захисту створюється додатково до захисного ізоляційного покриття трубопроводу для більш надійного захисту магістрального аміакопроводу від корозії на усій його протяжності.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення корозійної надійності під час експлуатації магістрального аміакопроводу необхідно:

- систематично контролювати потенціал "труба-земля";
- контролювати роботу електродренажного захисту;
- перевіряти цілість ізоляції аміакопроводу.

5.3 Вимоги до безпечної експлуатації електроустановок

Експлуатація електроустановок магістрального аміакопроводу повинна здійснюватися відповідно до вимог.

Режим роботи електроустановок повинен забезпечувати безперебійну роботу системи управління технологічним процесом транспортування рідкого аміаку і безаварійну зупинку магістрального аміакопроводу у разі зниження напруги в зовнішній мережі.

Електропостачання обладнання системи управління повинне бути як для електроприймачів I категорії.

Головні пости секціонування відносять до споживачів I категорії, зі складу яких виділяють особливу групу електроприймачів I категорії (об'єкти електров'язку і телемеханіки).

Ємність акумуляторних батарей живлення електроприймачів на головних постах секціонування у разі відключення основного і резервного джерел електропостачання повинна забезпечувати режим управління ділянкою аміакопроводу протягом 4-х годин.

Обслуговування і ремонт електрообладнання трансформаторних підстанцій і електричних мереж дозволяється виконувати особам, які мають

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

відповідну групу з електробезпеки, знають оперативні схеми, пройшли перевірку знань вимог нормативних документів.

Електрообладнання повинне відповідати класу вибухонебезпечної зони, в якій воно встановлене, а також категорії і групі вибухонебезпечної суміші.

Для кожного вибухонебезпечного об'єкта службою, відповідальною за електрогосподарство, повинен бути розроблений план ліквідації аварій в електрогосподарстві об'єкта.

Під час експлуатації електрообладнання не дозволяється:

- ремонтувати електрообладнання і мережі, що знаходяться під напругою;
- експлуатувати електрообладнання при несправних захисних заземленнях або контактних з'єднаннях;
- вмикати електроустановку, що автоматично вимкнулася, без з'ясування причин її вимкнення;
- навантажувати вибухозахищене електрообладнання, проводи та кабелі вище від регламентованих норм;
- залишати відкритими двері приміщень і тамбурів, які відділяють вибухонебезпечні зони від інших приміщень;
- замінити перегорілі електричні лампи у вибухозахищених світильниках лампами інших видів або лампами більшої потужності, ніж ті, на які розраховані світильники;
- вмикати електроустановки без апаратів, які відключають захисне електричне коло при ненормальних режимах;
- залишати в роботі електрообладнання з висотою шару масла нижче установленної;
- експлуатувати кабелі із зовнішніми пошкодженнями оболонки і стальними трубами електропроводок;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- двері приміщень і тамбурів повинні бути самозамикальними, протипожежними і мати ущільнення.

Усе електрообладнання і комунікації лінійної частини магістрального аміакопроводу повинні бути заземлені.

Розподільні пристрої повинні мати чіткі написи, що вказують на призначення окремих ланцюгів і панелей.

Для живлення пересувних і переносних електроприймачів застосовують гнучкі кабелі і проводи в оболонці, стійкій до механічних впливів.

Усі несправності в електромережах і електроапаратурі, які можуть спричинити відмову автоматичної системи управління і релейного захисту, а також спричинити коротке замикання тощо, слід негайно усувати.

Акумуляторні батареї повинні експлуатуватися у режимі постійної підзарядки. Приміщення акумуляторної повинне вентилюватися.

Електромодулі на головних постах секціонування та огорожі підстанцій і розподільних пунктів повинні закриватися на замок.

На огорожах необхідно вивішувати попереджувальні плакати. Електроосвітлення територій і приміщень об'єктів магістрального аміакопроводу повинне мати місцеве (за зонами обслуговування) і дистанційне вмикання з електромодуля.

5.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека під час експлуатації і ремонтів магістральних аміакопроводів повинна забезпечувати виконанням таких вимог:

- додержання правил безпечного проведення вогневих робіт;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- захист від статичної та атмосферної електрики і вторинних проявів блискавок;
- дотримання правил зберігання горючих і легкозаймистих матеріалів, балонів зі стисненими і скрапленими газами;
- оперативне прибирання розлитих легкозаймистих рідин;
- автоматичне вмикання вентиляції в акумуляторних для видалення водню з приміщення під час заряджання акумуляторів;
- відсутність пропусків рідкого аміаку і пропан-бутанової суміші через арматуру і фланцеві з'єднання;
- наявність пожежної сигналізації;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння тощо.

На території, у будинках і спорудах магістрального аміакопроводу повинен бути встановлений відповідний до категорії їх пожежної небезпеки протипожежний режим.

Протипожежний режим та розроблення нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки на підприємстві повинні встановлюватися роботодавцем у відповідності з Правилами пожежної безпеки

Усі працівники підприємства повинні бути ознайомлені з вимогами щодо забезпечення протипожежного режиму на інструктажах, під час проходження пожежно-технічного мінімуму, а також на заняттях у системі виробничого навчання.

Працівники підприємств, які виконують ремонтні роботи на об'єктах магістрального аміакопроводу на договірних засадах, повинні дотримуватися встановленого протипожежного режиму.

Роботодавець визначає обов'язки працівників щодо забезпечення пожежної безпеки, призначає відповідальних за пожежну безпеку окремих

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

будинків, споруд, приміщень, діляниць та інших об'єктів магістрального аміакопроводу, за утримання та експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

Територія НС, РС, ЦРБ та інших об'єктів магістрального аміакопроводу повинна утримуватися у чистоті і систематично очищуватися від відходів виробництва. Сміття, металобрухт, паливно-мастильні матеріали повинні зберігатися у спеціально відведених місцях.

До усіх будинків і споруд магістрального аміакопроводу повинен бути забезпечений доступ. Під'їзди, підходи до будинків і пожежних резервуарів, а також доступ до первинних засобів пожежогасіння та пожежних гідрантів завжди повинен бути вільним.

Територію протипожежних розривів між будинками не дозволяється використовувати для зберігання матеріалів, тари та для стоянки автотранспорту.

Не дозволяється залишати на відкритих площадках тару з легкозаймистими і горючими рідинами, а також балони зі стисненими і скрапленими газами, ацетиленові генератори з залишком невідпрацьованого карбіду кальцію.

На території насосних і роздавальних станцій, на вибухопожежонебезпечних і пожежонебезпечних об'єктах і в приміщеннях магістрального аміакопроводу повинні бути вивішені знаки, що забороняють користуватися відкритим вогнем, відповідно до державного стандарту.

Палити дозволяється лише в спеціально відведених за узгодженням з пожежною охороною місцях з написом "Місце для паління", обладнаних бочкою з водою або ящиком з піском.

Усі електроустановки повинні бути захищені апаратами захисту від струмів короткого замикання та інших несправностей, які можуть призвести до

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

пожежі. Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані з зазначенням на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставить завод-виготовлювач або електротехнічна лабораторія).

Для підтримання пристроїв захисту від блискавки у справному стані необхідно регулярно проводити їх ревізію: для будинків і споруд I та II категорій із захистом від блискавки - щорічно, для III категорії - не рідше одного разу на три роки зі складанням акта, в якому зазначають виявлені дефекти. Усі виявлені пошкодження і дефекти повинні бути негайно усунені.

Для захисту від статичної електрики необхідно заземлювати усі металеві і електропровідні неметалеві частини устаткування та електрообладнання.

Під час виконання зливо-наливних операцій аміаковози, автоцистерни скрапленого пропан-бутану підключають до заземлювального пристрою.

Системи автоматичного виявлення і гасіння пожежі на насосних станціях магістрального аміакопроводу і в ЦПУ підтримують у роботоздатному стані і періодично перевіряють відповідно до інструкцій з їх експлуатації.

При автоматичному сигналі про загоряння в насосному або електричному модулі насосної станції (світловий і звуковий сигнали) у разі виникнення пожежі обслуговуючий персонал зобов'язаний залишити приміщення протягом 10 секунд і щільно зачинити двері.

При спрацьовуванні сигналізації вмикається система вуглекислотного пожежогасіння. Насосна станція автоматично відключається і переводиться на роботу через байпас.

Причинами виникнення пожеж можуть бути:

- порушення режиму перекачування аміаку і правил наповнення аміаковозів;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування інструментів і матеріалів, що не відповідають вимогам пожежної безпеки;
- порушення мащення насосів;
- неправильна експлуатація або відсутність захисту від статичної та атмосферної електрики і вторинних проявів блискавок;
- порушення правил експлуатації балонів зі стисненими і скрапленими газами;
- порушення правил експлуатації групових резервуарних установок для зберігання скрапленого газу, зливання скрапленого газу з пропановозів у ємності;
- несправність трубопроводів, арматури, технологічного устаткування, різних механізмів і приладів;
- експлуатація несправних систем опалення, електронагрівних систем опалення, електронагрівних приладів, електрообладнання (електричних ліній, електродвигунів, систем освітлення тощо);
- порушення правил зберігання промасленого обтирального матеріалу, несвоєчасне прибирання його;
- несвоєчасне прибирання сухої трави, сміття, горючих виробничих відходів, захаращеність приміщень, площадок;
- допуск на територію НС і РС автомашин, необладнаних іскрогасниками;
- порушення правил протипожежного режиму під час проведення вогневих робіт на постійних зварювальних площадках, ЦРБ, території НС і РС, лінійній частині магістрального аміакопроводу тощо;
- застосування відкритого вогню для відігрівання замерзлих трубопроводів, частин запірної арматури та з іншою метою;
- використання горищних приміщень для зберігання матеріалів.
- горищні приміщення повинні бути постійно замкнені, слухові вікна - закриті;

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- зберігання і транспортування балонів з киснем разом з горючими і легкозаймистими рідинами і газами, жирами і маслами;
- недбале поводження з вогнем, залишення без нагляду нагрівних приладів, паління у заборонених місцях тощо;
- несправність або відсутність систем автоматичного пожежогасіння або пожежної сигналізації;
- неналежні пожежний та інструктаж персоналу, відсутність інструкцій з пожежної безпеки на об'єктах.

У разі виникнення пожежі працівник зобов'язаний:

- терміново повідомити по телефону в пожежну охорону;
- інформувати оператора диспетчерської служби підприємства;
- евакуювати людей з території, де виникла пожежа;
- за необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо);
- приступити до гасіння пожежі за допомогою наявних засобів пожежогасіння.

В усіх виробничих, допоміжних та підсобних приміщеннях насосних, НС, РС, ГПС, ЦРБ, ЦПУ, матеріальних складах та на відкритих стоянках техніки повинні бути встановлені первинні засоби пожежогасіння і протипожежний інвентар відповідно до вимог.

Не дозволяється використовувати пожежний інвентар і устаткування для господарських потреб, не пов'язаних з пожежогасінням.

Для оперативного визначення місцезнаходження первинних засобів пожежогасіння на добре видимих місцях встановлюють вказівні знаки висотою 2,0-2,5 м.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

На пожежному щиті (стенді) розміщують ті первинні засоби пожежогасіння, які використовують у даному приміщенні, споруді, установці.

Пожежні щити (стенди) і засоби пожежогасіння фарбують у відповідний колір згідно з чинними стандартами.

5.5. Заходи щодо захисту працівників від травмування

Працівники отримують захисний одяг – індивідуальний спецодяг – від впливу аміачних продуктів, газів, високих та низьких температур:

- бавовняні костюми ;
- рукавиці спеціальні , гумові технічні рукавички ;
- захисні окуляри ;
- захисні каски ;
- захисні щитки лицьові ;
- гумові чоботи, черевики МБС, підбиті цвяхами, що не дають іскри.

Знаходження обслуговуючого персоналу на робочому місці без спецодягу заборонено.

Весь обслуговуючий персонал установки зобов'язаний мати на робочому місці фільтруючі протигazi марки "К" захищаючі органи дихання від парів аміаку.

Індивідуальні фільтруючі протигazi зберігаються в спеціальних шафах з комірками. Передача протигазу однією особою іншій забороняється.

Крім індивідуальних протигазів на установці в спеціальній опломбованій шафі зберігається аварійний комплект газорятувальних засобів захисту: фільтруючі протигazi, шлангові протигazi. Аварійний запас протигазів береться з розрахунку найбільшої кількості людей, що працюють у зміні.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До засобів захисту від високих температур ставляться огорожувальні пристрої, термоізоляційне покриття, пристрої автоматичного контролю, сигналізації й дистанційного керування.

До засобів захисту від впливу хімічних факторів ставляться пристрої огорожувальні, герметизуючі, дистанційного керування, знаки безпеки.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур» провів такі дії і отримав такі результати:

1. Розглянув галузі застосування аміаку і проблеми його транспортування.
2. Розглянув технічні характеристики моста.
3. Проведено літературний пошук, в результаті якого проаналізував проблеми мостових переходів схожих за конструкцією до мостового переходу аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро.
4. Описав конструкцію мостової частини аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро.
5. Проаналізував потрібні вимоги і застереження при проведенні робіт на даному мостовому переході та розробив заходи з охорони праці.

					ЛП51(1).091696.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Математична модель
до дипломного проекту
на тему:
«Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії
сезонної зміни температур»

Київ 2019

Зміст

1. Обґрунтування використання моментної схеми скінчених елементів	2
2. Уточнений тривимірний восьмивузловий багатошаровий скінченний елемент	4
3. Опис програмного забезпечення	12
ВИСНОВКИ.....	13

					ЛП51(1).091696.01-70MM		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Виконав	Матчур О.В.				Оцінка залишкової міцності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур	Літ.	Аркуш
Перевірив							1
Реценз	Немерис А.О.					КПІ ім. Ігоря	
Н. Контр.							
Затв..	Гондляр О.В.						

1. Обґрунтування використання моментної схеми скінчених елементів

Сьогодні існує багато чисельних методів вирішення нелінійних і лінійних задач, призначених для опису напружено-деформованого стану фізичних процесів і конструкцій, що відбуваються в них, оцінки їх стійкості ресурсу роботи. Проте, на даний момент в більшості інженери усіх спеціальностей все більше віддається методу скінчених елементів, як гнучкому і універсальному. У наш час метод скінчених елементів перетворився у основний інструмент розрахунку і дослідження, що дозволяє вирішувати найрізноманітніші інженерні і наукові проблеми життєдіяльності людини.

Перевагами методу скінчених елементів в порівнянні з іншими чисельними методами є можливість поєднання декількох матеріалів при визначенні його напружено-деформованого стану в рамках одного фізичного тіла, великі можливості дискретизації скінчено-елементної сітки в області концентраторів, простого і природного опису граничних умов різного роду. Ще одною найважливішою перевагою МСЕ є можливість встановлювати для кожної дискретної під області (скінченого елемента) своїх законів, що описують зв'язок переміщень і сил в вузлах, дозволяючи поєднувати в рамках однієї сітки області скінчені елементи різних типів (оболонкових і тривимірних, сингулярних ізопараметричних і так далі), що, в свою чергу, підвищує ефективність методу в цілому.

В теперішній час при проектуванні обладнання хімічної промисловості (в тому числі і в трубопроводах часто використовуються багат шарові конструкції. При цьому сусідні шари можуть суттєво відрізнятись один від одного не тільки за товщиною, але й за фізико механічними характеристиками. Тому при рішенні задач довговічності об'єктів хімічного машинобудування необхідно прискіпливо відноситись до вибору ефективного скінченого елемента.

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В зв'язку з тим що окремі шари багат шарових конструкцій можуть бути досить тонкими, виникає проблема з великим співвідношенням розмірів скінчених елементів по товщині та в плані. Це може виконати погану обумовленість матриці жорсткості конструкції.

Вирішення цієї проблеми із застосування класичних тривимірних СЕ не завжди дає задовільні результати, тому що при цьому доводиться суттєво згущувати сітку кінцевих елементів. Це призводить до збільшення розміру матриці жорсткості і, відповідно до збільшення розв'язувальних рівнянь. Виходячи з того що обладнання хімічних виробництв зазвичай являє собою великогабаритні конструкції, їх розрахунок з використанням великої кількості дрібних СЕ може призвести не тільки до суттєвого збільшення часу чисельних досліджень, але й стати непідйомною задачею в рамках наявних обчислювальних потужностей.

Вищевказані проблеми можуть бути вирішені шляхом застосування моментної схеми скінчених елементів (МССЕ), що була запропонована О.С. Сахаровим [?].

У порівнянні з класичним варіантом МСЕ в МССЕ при зміщенні тіла як жорсткого цілого виконується умова рівності нулю деформації при будь яких розмірах СЕ. В МССЕ деформації представляються в строгій залежності від порядку апроксимації функцій переміщення. Це дає можливість не враховувати компоненти деформації викликаних зміщенням жорсткого тіла.

Ефективність МССЕ була підтверджена вирішенням широкого спектру задач при цьому показавши високий рівень збіжності та швидкості обчислень.

					ЛП51(1).091696.01-70ММ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Уточнений тривимірний восьмивузловий багатошаровий скінченний елемент

Для підтвердження ефективності моментної схеми скінчених елементів розглянемо її основні співвідношення для восьмивузлового багатошарового СЕ.

Відобразимо цей СЕ на який заданий місцевій системі координат x^i (рис. 2.1), а сторони дорівнюють двом одиницям довжини. Початок місцевої системи координат збігається з центром ваги СЕ. При цьому осі x^1 і x^2 направимо вздовж сторін СЕ, а вісь x^3 по нормалі до його поверхні.

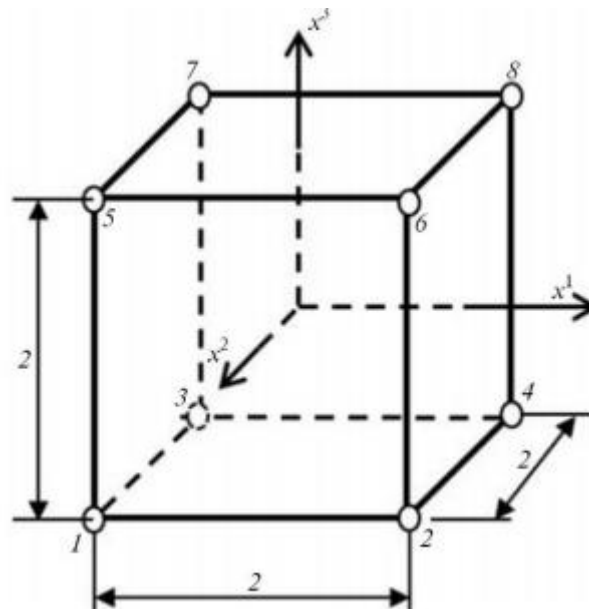


Рис. 2.1. Місцева система координат восьмивузлового багатошарового СЕ

Функцію апроксимації координат наведемо в стандартному для восьмивузлового скінченого елемента вигляді:

$$x^r = \frac{1}{4} \sum_{t=1}^8 x^{r(t)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_r x^r), \quad (2.1)$$

де $x^{r(t)}$ - декартові координати t -го вузла СЕ,

$$\begin{aligned}\{P_{1i}\}^T &= \{-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1\}; \\ \{P_{2i}\}^T &= \{-1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1\}; \\ \{P_{3i}\}^T &= \{-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1\}.\end{aligned}\quad (2.2)$$

В якості узагальнених невідомих візьмемо компоненти вектора переміщень $u_i^{(1)}, u_i^{(2)}, u_i^{(3)}, \dots, u_i^{(8)}$. Тоді закон розподілення компонент вектора переміщень в межах СЕ прийме вигляд:

$$u_i = \frac{1}{8} \sum_{r=1}^8 u_i^{(r)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_{ri} x^r). \quad (2.3)$$

Відповідно до виразу (2.3) визначемо сумарну функцію розподілу компонент вектора переміщень уздовж грані $\alpha\beta$ в місцевій системі нумерації. Тоді виконавши елементарні перетворення отримаємо:

$$\begin{aligned}u_i^{\alpha\beta} &= \frac{1}{8} \left[(u_i^{(\beta)} + u_i^{(\alpha)}) + (P_{1\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 + \right. \\ &+ (P_{2\beta} u_i^{(\beta)} + P_{2\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^2 + (P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^3 + \\ &+ (P_{1\beta} P_{2\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{2\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^2 + \\ &+ (P_{1\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^3 + \\ &+ (P_{2\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{2\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^2 x^3 + \\ &\left. + (P_{1\beta} P_{2\beta} P_{3\beta} u_i^{(\beta)} + P_{1\alpha} P_{2\alpha} P_{3\alpha} u_i^{(\alpha)}) x^1 x^2 x^3 \right],\end{aligned}\quad (2.4)$$

де $\alpha = 1 \dots 4$; $-\beta = 4 \dots 1$.

Коефіцієнти, що містять x^3 , визначають узагальнений зсув між вузлами α і β , а інші коефіцієнти визначаються узагальненим середнім зміщенням вузлів α і β . Виходячи з цього, рівняння (2.4) можна записати у вигляді:

					ЛП51(1).091696.01-70ММ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$u_{i'}^{\beta\alpha} = \frac{1}{4} \prod_{r=1}^3 (1 + S_{ra} x^r) (v_{i'}^{\beta\alpha} + x^3 \gamma_{i'}^{\beta\alpha}); \quad (2.5)$$

де $\alpha = 1 \dots 4$; $\beta = \alpha + 4$;

$$\begin{aligned} \{S_{1a}\}^T &= \{-1 \ 1 \ -1 \ 1\}; \\ \{S_{2a}\}^T &= \{-1 \ -1 \ 1 \ 1\}; \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\gamma_{i'}^{\beta\alpha} = \frac{(u_{i'}^{(\beta)} - u_{i'}^{(\alpha)})}{2} - \quad (2.7)$$

узагальнене середнє зміщення вузла α відносно вузла β ;

$$\gamma_{i'}^{\beta\alpha} = \frac{(u_{i'}^{(\beta)} - u_{i'}^{(\alpha)})}{2} - \quad (2.8)$$

узагальнений середній зсув ($i' = 1,2$) або обтиснення ($i' = 3$) вузла α відносно вузла β .

Вираз (2.5) відповідає приведенню тривимірних рівнянь механіки деформованого твердого тіла до двовимірних співвідношень теорії оболонок у рамках теорії прямої лінії із врахуванням фактора лінійного обтиснення по товщині пакета шарів. Однак використання (2.5) не дає можливості аналізувати неоднорідний зсув, який виникає в процесі розшарування шарів пакета. Тому в працях [35,36] для дослідження процесів розшарування багатошарових оболонок у рамках ітераційно-аналітичної теорії вводяться додаткові узагальнені невідомі $f_i(x^3)$ і $\theta_i^{(i)}$, які характеризують неоднорідність розподілу деформацій поперечного зсуву й обтиснення по товщині пакета шарів, а саме:

$$u_i = \frac{1}{4} \sum_{r=1}^8 (v_{i'}^{(r)} + x^3 \gamma_{i'}^{(r)} + f_i(x^3) \theta_i^{(i)}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{a\alpha} x^\alpha), \quad (2.9)$$

де $\alpha = 1 \dots 4$; $\beta = \alpha + 4$.

Як показали численні дослідження [10], порівняно з апроксимуючими функціями більшого порядку, вищевказаний тип апроксимації зменшує час розрахунків забезпечуючи необхідну точність. Доцільність використання гіпотези приведення (2.9) для опису зон розшарування в багатошарових об'єктах підтверджена практичними дослідженнями напружено деформованого стану багатошарових конструкцій. В випадку коли компоненти векторів вузлових переміщень відповідають переміщенням отриманим при розв'язанні тривимірної задачі теорії пружності необхідно поповнити полілінійний закон апроксимації новими компонентами. Ці компоненти повинні враховувати неоднорідність розподілу деформацій обтиснення та зсуву.

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Представимо компоненти вектора переміщень у вигляді:

$$u_i = \sum_{s=1}^S F_s^i(x^3, t) v_i^s(x^1, x^2, t), \quad (2.10)$$

де v_i^s — компоненти узагальненого вектора переміщень поверхні приведення x^1, x^2 СЕ, визначені з розв'язання крайової задачі в рамках тривимірного оператора теорії пружності; F_s^i — функції приведення; t — час.

Для того, щоб вектор u описував дійсний деформований стан оболонки, необхідне виконання умови стаціонарності повної енергії системи.

Сформулюємо наступну варіаційну задачу: знайти такі функції v_i^s і F_s^i які забезпечать виконання варіаційного принципу Гамільтона — Остроградського, а саме:

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt = \delta_{V_i^s} \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt + \delta_{F_s^i} \int_{t_0}^{t_1} (W - K - A) dt = 0; \quad (2.11)$$

Тут позначення типу $\delta_{V_i^s}$ і $\delta_{F_s^i}$ означають, що варіювання функціонала проводиться по v_i^s або F_s^i відповідно.

Враховуючи (2.10) і умови незалежності варіацій δV_i^s і δF_s^i на підставі (2.11) запишемо інтеграли, для отримання системи рівнянь, яка розв'язується:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_V A_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; \frac{\partial^2 v_i^s}{\partial x^\alpha \partial x^\beta}; \ddot{v}_i^s; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \frac{d^2 F_s^i}{(dx^3)^2}; \ddot{F}_s^i; \right) p_j^r \delta v_j^r dV \right\} dt &= 0; \\ \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_V B_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; \frac{\partial^2 v_i^s}{\partial x^\alpha \partial x^\beta}; \ddot{v}_i^s; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \frac{d^2 F_s^i}{(dx^3)^2}; \ddot{F}_s^i; \right) p_j^r \delta v_j^r dV \right\} dt &= 0; \end{aligned} \quad (2.12)$$

Інтегралами для, що описують граничні умови записуються у вигляді:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_S a_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \right) q_j^r \delta v_j^r dS \right\} dt &= 0; \\ \int_{t_0}^{t_1} \left\{ \int_S b_j^r \left(v_i^s; \frac{\partial v_i^s}{\partial x^\alpha}; F_s^i; \frac{dF_s^i}{dx^3}; \right) q_j^r \delta F_j^r dS \right\} dt &= 0. \end{aligned} \quad (2.13)$$

При розв'язку систем рівнянь що були отримані на основі (2.11) і (2.12) забезпечується визначення як вектора узагальнених невідомих так і фізично обґрунтованих функцій приведення незалежно від процесів пластичного

деформування, або руйнування в шарах. Систему рівнянь (2.12) доцільніше розв'язувати ітераційними методами. При цьому послідовне уточнення компонент відбувається шляхом мінімізації вектора не в'язок оператора (2.11), що істотно спрощує отримання рішення. Якщо ввести додаткову апроксимацію для компонент вектора переміщень то після елементарних перетворень можна переконатись що додаткові функції будуть пропорційні зсуву або обтисненню між вузлами α і β скінченного елемента.

Тоді апроксимацію компонент вектора переміщень запишеться у вигляді:

$$u_i = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_i^{(t)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_{rt} x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_i^{(s)} f_i^{(s)}(x^3) (u_i^{(s+4)} - u_i^{(s)}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); \quad (2.14)$$

Для просторових систем при дослідженні напруженого стану за ітераційно-аналітичною теорією рівняння матиме вигляд:

$$u_i^{(n)} = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_i^{(t)(n)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_{rt} x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_i^{(s)} f_i^{(s)(n-1)}(x^3, u_i^{(s)(n-1)}) (u_i^{(s+4)(n)} - u_i^{(s)(n)}) \times \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); f_i^{(s)(0)} = 0; \quad (2.15)$$

Для багат шарових просторових систем вираз (2.15) перетвориться При визначенні напружено-деформованого стану багат шарових просторових систем у рамках ітераційно-аналітичної теорії на ітерації n, вираз (2.15) набуде вигляду:

$$u_i^{(n)} = \frac{1}{8} \sum_{t=1}^8 u_i^{(t)(n)} \prod_{r=1}^3 (1 + P_{rt} x^r) + \frac{1}{4} \sum_{s=1}^4 a_i^{(s)} f_i^{(s)(n-1)}(x^3, u_i^{(s)(n-1)}, u_i^{(s)(n-1)}, u_i^{(s)(n-1)(m) \pm}) \times (u_i^{(s+4)(n)} - u_i^{(s)(n)}) \prod_{\alpha=1}^2 (1 + S_{\alpha s} x^\alpha); f_i^{(s)(0)} = 0, \quad (2.16)$$

Геометричну інтерпретацію апроксимуючих функцій (2.14) (2.16) представлено на рис.2.2, рис.2.3 на рис.2.4 представлено випадок порушення контакту між сусідніми шарами в наслідок розшарування.

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

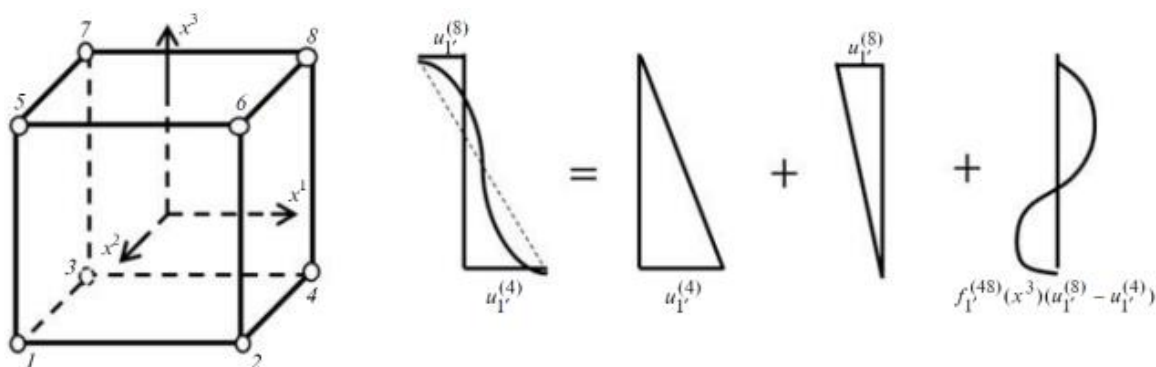


Рис. 2.2. Апроксимація компонент вектора переміщень однорідного по товщині уточненого восьмивузлового СЕ

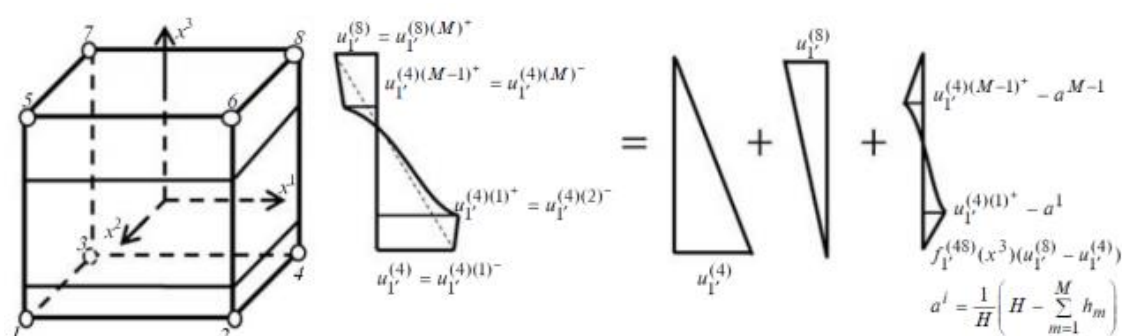


Рис. 2.3. Апроксимація компонент вектора переміщень багатошарового уточненого восьмивузлового СЕ; $m h$ — товщина m -го шару; H — загальна товщина пакета шарів

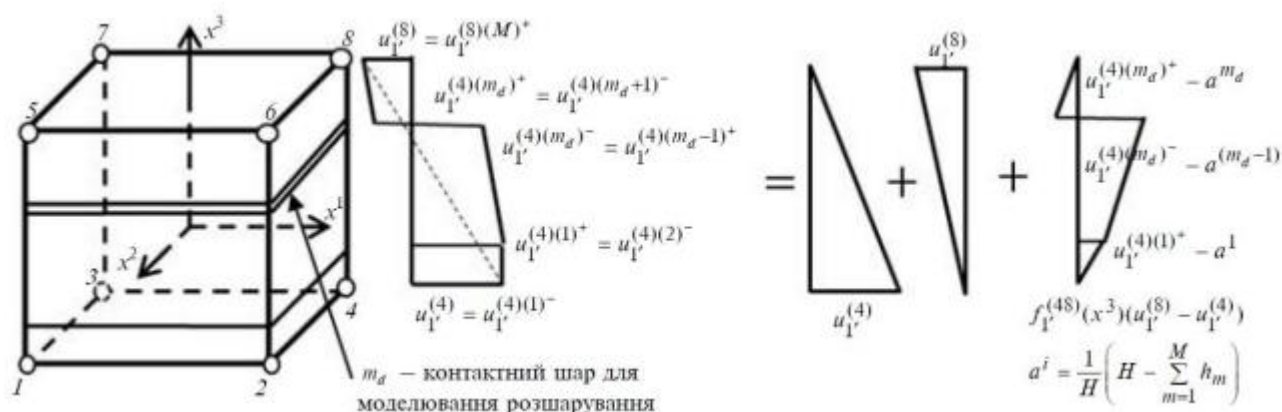


Рис. 2.4. Апроксимація компонент вектора переміщень багатошарового уточненого восьми вузлового СЕ в разі розшарування з урахуванням тертя; h_m - товщина m -го шару; H - загальна товщина пакета шарів

Серед переваг подання компонент вектора переміщень у вигляді (2.14) (2.16) можна відзначити:

- за умови рівності нулю наш скінчений елемент перетворюється у стандартний восьмивузловий скінчений елемент.
- завдячуючи введенню додаткових функцій існує можливість дослідження неоднорідності деформацій поперечного зсуву, в залежаності від напружено-деформованого стану пакета.
- залежність додаткових функцій від напружено-деформованого стану дає можливість змінювати як кінематичні та і статичні умови контакту між шарами при послідовному навантаженню конструкції. Це дає можливість моделювати процеси розвитку зон пластичності або розшарування при покроковому навантаженню конструкції.
- порядок системи рівнянь є незалежною від кількості шарів величиною
- якщо апроксимуючі функції подати у формі степеневих рядів $\varphi_1^S = 1 - (x^1)^2$, $\varphi_2^S = 1 - (x^2)^2$ або $\varphi_3^S = 1 - (x^3)^2$, то можна перейти до відомих схем несумісних СЕ.

Матриця жорсткості уточненого скінченного елемента будується за процедурами МССЕ, Коефіцієнти матриці жорсткості можна отримати шляхом розкладаються в ряд Маклорена компонент тензора деформацій. Використовуючи стандартну процедуру МССЕ та варіаційний принцип (2.11) запишемо варіацію енергії деформацій і кінетичної енергії скінченного елемента:

$$\delta W_{CE} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8 [g_{rt}^{t'p'} + \tilde{g}_{rt}^{t'p'}] u_{t'}^{(r)} \delta u_{p'}^{(t)} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8 [G_{rt}^{t'p'}] u_{t'}^{(r)} \delta u_{p'}^{(t)}; \quad (2.17)$$

$$\delta K_{CE} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8 [m_{rt}^{t'p'} + \tilde{m}_{rt}^{t'p'}] \ddot{u}_{t'}^{(r)} \delta u_{p'}^{(t)} = \sum_{r=1}^8 \sum_{t=1}^8 [M_{rt}^{t'p'}] \ddot{u}_{t'}^{(r)} \delta u_{p'}^{(t)}; \quad (2.18)$$

В $g_{rt}^{t'p'}$ розглянутому восьмивузловому скінченному елементі до — коефіцієнтів матриці жорсткості з полілінійним розподілом функцій переміщень

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаються $\tilde{g}_n^{t'p'}$ — додаткові коефіцієнти матриці жорсткості уточненого СЕ, що враховують вплив неоднорідності розподілу деформацій поперечного зсуву й обтиснення;

та $m_n^{t'p'}$ — коефіцієнти матриці мас СЕ з полілінійним законом розподілу функцій переміщень, що враховують інерцію від поступального руху СЕ й інерцію СЕ від узагальненого зсуву;

додаються $\tilde{m}_n^{t'p'}$ — коефіцієнти матриці мас СЕ, що враховують інерцію, викликану неоднорідністю деформацій поперечного зсуву й обтиснення;

Таким чином, отримують $G_n^{t'p'}$ — коефіцієнти матриці жорсткості уточненого СЕ; $M_n^{t'p'}$ — коефіцієнти матриці мас уточненого СЕ.

Остаточно коефіцієнти лінеаризованої матриці жорсткості розглянутого СЕ визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} G_{fsrt}^{t'p'} &= \tilde{G}_{fsrt}^{t'p'} + \tilde{\tilde{G}}_{fsrt}^{t'p'} = \\ &= \frac{1}{4} \sum_{m=1}^M \int_{h_m} \left[c_{cm}^{ijkl} \left\{ \tilde{B}_{klf}^{mt'}(r) \tilde{B}_{ijs}^{mp'}(t) + \frac{1}{3} \tilde{D}_{klvf}^{mt'}(r) \tilde{D}_{ijvs}^{mp'}(t) \omega_{ij}^{vv} + \frac{1}{9} \tilde{A}_{klvlf}^{mt'}(r) \tilde{A}_{ijvls}^{mp'}(t) \delta_{ij}^{33} \omega_{\mu}^v \right\} + \right. \\ &\quad \left. + g_m^{kp} \left\{ \sigma_{n-1m}^{\alpha j} \tilde{B}_{ijkpsfr}^{mt'p'} + \frac{1}{3} \sigma_{n-1vm}^{ij} \tilde{D}_{ijkpsrt}^{mt'p'} \omega_{ij}^{vv} + \frac{1}{9} \sigma_{n-1v\mu m}^{ij} \tilde{A}_{ijkpsrf}^{mt'p'} \delta_{ij}^{33} \omega_{\mu}^v \right\} \right] \sqrt{g_m} dx^3. \end{aligned} \quad (3.26)$$

Розглянутий скінчений елемент був впроваджений в систему АПРОКС. Використання цього елемента при вирішенні великої кількості тестових і прикладних задач по дослідженню напружено-деформованого стану просторових багат шарових конструкцій показало його високу ефективність та збіжність результати отриманими з САЕ-систем.

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Опис програмного забезпечення

Багато сучасних МСЕ-пакетів включають спеціальні елементи, такі як термальні, електромагнітні, рідинні та структурні робочі середовища. МСЕ-програми забезпечують широкий спектр моделювальних можливостей контролю складності і модельовальної і аналітичної систем. За потреби в більшості інженерних програм можна змінювати бажаний рівень точності, час, потрібний для необхідних та асоційованих обчислень.

На даний момент є багато систем які використовують МСЕ для побудови та розрахунку різних конструкції (MARK (США), ASKA (ФРН), NORSAM (Норвегія), системи IEISS (США, Великобританія й ін.), а також МІРАЖ, ЛІРА (НДІАСС Держбуд СРСР), СУПЕР, АВТОР, БОЛІД, ПРОЗА, СИПРИМАК, СОНАР (Гідропроєкт ім. С.Я.Жука), РАССУДОК (Київпроект), КАСКАД (ЛКІ), ГАМА (КиївЗНДІЕП), КОРПУС (Ленінградський промстройпроект), NASTRAN (США), МАРС-ЕС (ЦНДІ ПІАС), АПРОКС), найкращим для даної мети на мою думку є АПРОКС, тому що в можна з легкістю задавати алгоритми обчислень не перероблюючи спеціально проект під них, а також він має модульну систему з можливістю групувати елементи по асоціативним блокам і задавати різні параметри, а також це розробка кафедри ХПСМ інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського тому при необхідності пояснень і потреби допомоги можна звернутись до розробників.

Обчислювальний комплекс АПРОКС орієнтований на розв'язання великого спектра задач, механіки деформованих просторових систем: як в лінійній так і в фізично і геометрично нелінійних постановках .

Покладена в його основу ідея створення об'єктно-орієнтованих систем призвела до необхідності виконання ряду вимог, серед яких важливе місце зайняли відкритість системи й гнучкість її структури при налаштуванні на різного роду об'єкти.

					ЛП51(1).091696.01-70MM	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур» провів такі дії і отримав такі результати:

1. Обрав для розрахунків метод скінченних елементів.
2. Розглянув основні співвідношення для восьми вузлового багат шарового скінченного елемента .
3. Серед списку програм, що базуються на МСЕ, обрав АПРОКС
4. Виявив переваги програмного забезпечення АПРОКС перед його конкурентами.

					ЛП51(1).091696.01-70ММ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки
до дипломного проекту
на тему:
«Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії
сезонної зміни температур»

Київ 2019

ЗМІСТ

1. Побудова моделі конструкції моста	2
2. Розрахунок глобальної задачі	17
3. Розрахунок підструктури.....	20
ВИСНОВКИ.....	23

					ЛП51(1).091696.01-70PP						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Виконав		Мамчур О.В.			Оцінка залишкової міцності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевірів		Чемерис А.О.								1	
Реценз								КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Н. Контр.											
Затв..		Гондляр О.В.									

1. Побудова моделі конструкції моста

Для проектування конструкції було розроблено програму на мові програмування FORTRAN 2018 яка створює проект і записує туди всі необхідні елементи. Це зроблено в Microsoft Visual Studio 2010 в якому було створено проект в форматі F90.

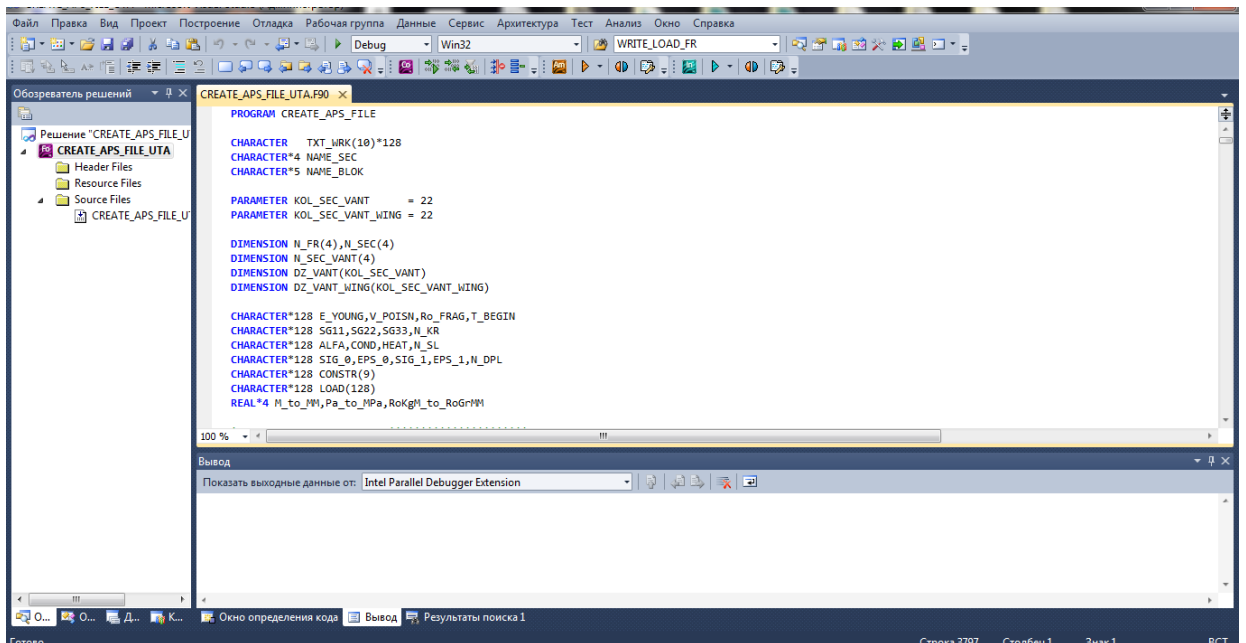


Рис.2.1 Проект в Microsoft Visual Studio 2010

В програмі спочатку були задані змінні для зручності:

```
CHARACTER TXT_WRK(10)*128
CHARACTER*4 NAME_SEC
CHARACTER*5 NAME_BLOK
PARAMETER KOL_SEC_VANT = 22
PARAMETER KOL_SEC_VANT_WING = 22
DIMENSION N_FR(4),N_SEC(4)
DIMENSION N_SEC_VANT(4)
DIMENSION DZ_VANT(KOL_SEC_VANT)
DIMENSION DZ_VANT_WING(KOL_SEC_VANT_WING)
CHARACTER*128 E_YOUNG,V_POISN,Ro_FRAG,T_BEGIN
CHARACTER*128 SG11,SG22,SG33,N_KR
CHARACTER*128 ALFA,COND,HEAT,N_SL
```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

```
CHARACTER*128 SIG_0,EPS_0,SIG_1,EPS_1,N_DPL
CHARACTER*128 CONSTR(9)
CHARACTER*128 LOAD(128)
```

Додано оператор який створює або редагує файл проекту:

```
OPEN(NFILE,FILE='D:\APROKS_2019_UTA\APROKS_2019_UTA\PROJECT\__APROKS_BRIDG_UTA\__
APROKS_BRIDG_UTA.APS',STATUS='UNKNOWN',ACCESS='SEQUENTIAL',err=1000)
```

Наведений нижче блок додає зміну в проект APROKS:

```
pi = 3.14
write(NFILE,*)'set Var = Model.AddVariable'
write(NFILE,*)'  Var.Name = "pi"'
write(NFILE,*)'  Var.Type = CLng(0)'
write(NFILE,*)'  Var.Value = "3.14"'
```

Потім по блокам для кожних однотипних елементів зроблено код які створює елементи:

```
write(NFILE, '(A)') 'set b_PILON = Model.AddBlockFragment("PILON")'
NOM_FR    = 0
NAME_BLOK = 'PILON'
NAME_SEC  = 'PILN'
E_YOUNG   = 'E_PILON'
V_POISN   = 'V_PILON'
Ro_FRAG   = 'Ro_PILON'
T_BEGIN   = 'T_BEGIN'
ALFA      = 'ALFA_PILON'
N_DPL     = '6'
NOM_SEC_PILON = 1
CALL NOM_4(NOM_SEC_PILON, N_SEC)
!set f_P001 = b_PILONS_LEFT.AddFragment("P001")
CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)
```

Фрагменти лівого пілона:

```
NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma", "ma", "M3_STOYKI"'
write(NFILE, *) "' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "LIC_ALFA_13"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4), '.ProgIndex    = CLng(0)'
```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

WRITE(TXT_WRK(1),'(A)')'"B_PILONA/2",'
WRITE(TXT_WRK(2),'(A)')'"Y0_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(3),'(A)')'"0",'
WRITE(TXT_WRK(4),'(A)')'"A_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(5),'(A)')'"A_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(6),'(A)')'"H_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(7),'(A)')'"0",'
WRITE(TXT_WRK(8),'(A)')'"-DELTA")'

write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))

CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Фрагменти правого пілона:

```

NOM_SEC_PILON = 2
!  NOM_FR      = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_PILON, N_SEC)
CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

!_FRAGMENT_P008!!!! ПИЛОН_ВТОРОЙ
(ПРАВЫЙ)!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,

NOM_FR  = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.SetMeshSize
"ma","ma","M3_STOYKI"

write(NFILE,*)'" Geometry"
write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshGenerator = "LIC_ALFA_13"
write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.ProgIndex      = CLng(0)'

WRITE(TXT_WRK(1),'(A)')'"B_PILONA/2",'
WRITE(TXT_WRK(2),'(A)')'"Y0_PILONA+DL_FERM+A_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(3),'(A)')'"0",'
WRITE(TXT_WRK(4),'(A)')'"A_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(5),'(A)')'"A_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(6),'(A)')'"H_PILONA",'
WRITE(TXT_WRK(7),'(A)')'"0",'
WRITE(TXT_WRK(8),'(A)')'"-DELTA")'

write(NFILE,'(A,A4,4I1,A)')'f_',NAME_SEC,N_FR(1:4),'.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))

CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

&

```
!_Начало по Y вантовой системы
!_Количество секций фермы между вантами
N_section_vant = 10
!_Расстояние между узлами вант
dl_section_vant = dl_section_ferm*N_section_vant
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!          КООРДИНАТЫ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ВАНТ ВЕРХНЕЙ СИСТЕМЫ
H_PILON      = 87.0E0*M_to_MM
H_nad_ferm    = 13.5E0*M_to_MM
DL_FRM        = DL_FERM - dl_section_ferm*10.E0
H_frm         = H_nad_ferm
H_PILN        = H_PILON
Y_A           = H_frm
Y_C           = (H_PILN - H_frm)/((DL_FRM/2.E0)**2.0) * 0.8
DO I = 1,KOL_SEC_VANT
    X          = I*dl_section_ferm*10.E0
    DZ_VANT(I) = H_PILN - (Y_A + Y_C*(X-DL_FRM/2)**2)
END DO
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!          КООРДИНАТЫ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ВАНТ ВЕТРОВОЙ СИСТЕМЫ
X_OPORY_WING = 71.1E0*M_to_MM
H_nad_ferm    = 1.00E0*M_to_MM
H_PILON       = X_OPORY_WING
DL_FRM        = DL_FERM - dl_section_ferm*10.E0
H_frm         = H_nad_ferm
H_PILN        = H_PILON
Y_A           = H_frm
Y_C           = (H_PILN - H_frm)/((DL_FRM/2.E0)**2.0) * 0.9
DO I = 1,KOL_SEC_VANT_WING
    X          = I*dl_section_ferm*10.E0
    DZ_VANT_WING(I) = Y_A + Y_C*(X-DL_FRM/2)**2
END DO
```

Початок блоку і елемента вітрової системи:

```
NOM_FR      = 0
write(NFILE,'(A)')'set b_WKANN = Model.AddBlockFragment("WKANN")'
NAME BLOK   = 'WKANN'
```

					ЛП51(1).091696.01-70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```
Array('///TRIM(TXT_WRK(1))///TRIM(TXT_WRK(2))///TRIM(TXT_WRK(3))///TRIM(TXT_WRK(4))///TRIM(TXT_WRK(5))///TRIM(TXT_WRK(6))///TRIM(TXT_WRK(7))///TRIM(TXT_WRK(8))')
```

ЛП51(1).091696.01-70PP

```

LOAD(6) = 'M2'
LOAD(7) = 'M3'
LOAD(8) = 'T_WING_RST'
CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN,  &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Початок блоку і елемента вантів верхнього пояса:

```

NOM_SEC_VANT = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_VANT, N_SEC)
write(NFILE, '(A)') 'set b_VKANA = Model.AddBlockFragment("VRANA")'
NAME_BLOK = 'VKANA'
NAME_SEC = 'VKAN'
E_YOUNG = 'E_VKAN'
V_POISN = 'V_VKAN'
Ro_FRAG = 'Ro_VKAN'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_VKAN'
N_DPL = '4'
CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

!_FRAGMENT_V001!!!ПЕРВЫЕ _
кубики_!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,
NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma_VANT", "ma_VANT", "ma_VANT"'
write(NFILE, *) "' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "LIC_ALFA_32"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+1x-a", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A,E,A)') '"Z0+H_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(7), '(A,I4,A)') '"0.E0", '
WRITE(TXT_WRK(8), '(A,I4,A)') '"0.E0")'

```

```

        write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array( '//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))//TRIM(TXT_WRK(7))//TRIM(TXT_WRK(8))

LOAD(1) = 'Temper_Nagr'
LOAD(2) = '1'
LOAD(3) = '1'
LOAD(4) = '1'
LOAD(5) = 'M1'
LOAD(6) = 'M2'
LOAD(7) = 'M3'
LOAD(8) = 'T_VANT_RST'

CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN,  &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Початок блоку і елемента вантів розкосих:

```

NOM_SEC_VANT = 0
CALL NOM_4(NOM_SEC_VANT, N_SEC)

write(NFILE, '(A)') 'set b_VJNTT = Model.AddBlockFragment("VJNTT")'
NAME_BLOK = 'VJNTT'
NAME_SEC = 'VJNT'
E_YOUNG = 'E_VJNT'
V_POISN = 'V_VJNT'
Ro_FRAG = 'Ro_VJNT'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_VJNT'
N_DPL = '5'

CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

!_FRAGMENT_V001_ПЕРВЫЕ_Силовой пояс!
ДИАГОНАЛЬНЫЕ!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!,

NOM_FR = 0
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)

! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)

CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize
"ma_VANT", "ma_VANT", "MR_VANT"'

write(NFILE, *) "' Geometry"

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "Rib_YZ"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+1x-A_JOINT2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT+LY_VANT+A_JOINT2", '

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

```

WRITE(TXT_WRK(3), '(A,I4,A)') '"Z0+LZ", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"Y0_VANT+A_JOINT2", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"Z0+H_PILONA", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"A_JOINT")'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))

CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN, &
                        ALFA,                                          &
                        N_DPL)

```

Для ферми було зроблено цикл для потрібної кількості блоків ферм. Початок блоку ферми:

```

write(NFILE, '(A)') 'set b_FERM1 = Model.AddBlockFragment("FERM1")'

NAME_BLOK = 'FERM1'
NAME_SEC = 'FERM'
E_YOUNG = 'E_FERM'
V_POISN = 'V_FERM'
Ro_FRAG = 'Ro_FERM'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_FERM'
N_DPL = '1'

N_section_ferm_1 = NOM_SEC_VANT + 1
N_section_ferm_2 = N_section_ferm_1 + N_section_ferm

DO I = 1, N_section_ferm, 2
    NOM_SEC = i
    CALL NOM_4( NOM_SEC, N_SEC)
    NAME_SEC = 'FERM'
    CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

```

Елемент ферм:

```

!_FRAGMENT_09_!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!

NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)

! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)

CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize  "ma","ma","MR"'
write(NFILE, *) "' Geometry"

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

```

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "rib_ym"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex      = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC-1), '*ly+a+a2", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A,I4,A)') '"a", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC), '*ly-a2-a+a", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"lz-a", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"a")'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))

LOAD(1) = 'SBVS333'
LOAD(2) = '-3'
LOAD(3) = 'Own_weight'

CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN,  &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Ферми поділені по типу на пояса і інші елементи на блоки для легшого керування елементами. Блок пояса:

```

write(NFILE, '(A)') 'set b_Poas1 = Model.AddBlockFragment("Poas1")'
NAME_BLOK = 'Poas1'
NAME_SEC = 'Poas'
E_YOUNG = 'E_poasa'
V_POISN = 'V_FERM'
Ro_FRAG = 'Ro_FERM'
T_BEGIN = 'T_BEGIN'
ALFA = 'ALFA_FERM'
N_DPL = '1'

N_section_ferm_1 = NOM_SEC_VANT + 1
N_section_ferm_2 = N_section_ferm_1 + N_section_ferm
DO I = 1, N_section_ferm, 2
    NOM_SEC = i
    CALL NOM_4( NOM_SEC, N_SEC)
    NAME_SEC = 'Poas'
    CALL WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)

```

Елемент пояса:

```

!_FRAGMENT_07_!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

NOM_FR = NOM_FR+1
CALL NOM_4(NOM_FR, N_FR)
! N_FR(1) = N_SEC(3)
! N_FR(2) = N_SEC(4)
CALL WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.SetMeshSize  "ma","ma","my"'
write(NFILE, *) "' Geometry"
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshGenerator = "RIb_XY"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ProgIndex      = CLng(0)'
WRITE(TXT_WRK(1), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a2", '
WRITE(TXT_WRK(2), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC-1), '*ly+a+a", '
WRITE(TXT_WRK(3), '(A,I4,A)') '"a2", '
WRITE(TXT_WRK(4), '(A,I4,A)') '"X0+lx-a2", '
WRITE(TXT_WRK(5), '(A,I4,A)') '"', (NOM_SEC-1), '*ly+ly", '
WRITE(TXT_WRK(6), '(A,I4,A)') '"a")'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MeshParameters=
Array('//TRIM(TXT_WRK(1))//TRIM(TXT_WRK(2))//TRIM(TXT_WRK(3))//TRIM(TXT_WRK(4))//TRIM(TXT_WRK(
5))//TRIM(TXT_WRK(6))
LOAD(1) = 'SBVS333'
LOAD(2) = '-3'
LOAD(3) = 'Own_weight'
CALL WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
CALL WRITE_PROPERTIES_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR,      &
                        E_YOUNG, V_POISN, Ro_FRAG, T_BEGIN,  &
                        ALFA,                                     &
                        N_DPL)

```

Для створення фрагментів, блоків і навантажень створено функції. Функція для створення фрагментів:

```

SUBROUTINE WRITE_TOPOLOGY_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR)

CHARACTER*4 NAME_SEC

DIMENSION N_SEC(4),N_FR(4)

write(NFILE, '(A,4I1,A)') "'----- Fragment", N_FR, '-----'

!set b_VANT_0000 = Model.AddBlockFragment("VANT_0000")
!'----- Fragment0000-----
!set f_0000 = b_VANT_0000.AddFragment("0000")
!write(NFILE, '(A,4I1,A,4I1,A,4I1,A)') 'set f_', N_FR(1:4), ' =
b_SECTION_', N_SEC(1:4), '.AddFragment("", N_FR(1:4), "")'

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

```

!write(NFILE, '(A,4I1,A,A4,A1,4I1,A,4I1,A)') 'set f_', N_FR(1:4), ' =
b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '.AddFragment(" ', N_FR(1:4), '" )'

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A,A4,A1,4I1,A,A4,4I1,A)') 'set f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), ' =
b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '.AddFragment(" ', NAME_SEC, N_FR(1:4), '" )'

write(NFILE, *) "' Topology"

write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.FragmType = "P333"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.FragmSubType = "NORMAL"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ExtFragmType = ""'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.ExtProgName = "APROKS"'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.MatrixType = CLng(0)'
write(NFILE, '(A,A4,4I1,A)') 'f_', NAME_SEC, N_FR(1:4), '.LayersNumber= CLng(1)'

RETURN
END

```

Функція для створення блоків:

```
SUBROUTINE WRITE_NOM_SEC(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, NAME_BLOK)
```

```
CHARACTER*4 NAME_SEC
```

```
CHARACTER*5 NAME_BLOK
```

```
DIMENSION N_SEC(4), N_FR(4)
```

```

!write(NFILE, '(A,A4,A1,4I1,A, A4,A1,4I1,A)') 'set b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), ' =
Model.AddBlockFragment(" ', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '" )'

write(NFILE, '(A,A4,A1,4I1,A,A5,A, A4,A1,4I1,A)') 'set b_', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), ' =
b_', NAME_BLOK, '.AddBlockFragment(" ', NAME_SEC, ' ', N_SEC(1:4), '" )'

!write(NFILE, '(A,4I1,A,4I1,A)') 'set b_SECTION_', N_SEC(1:4), ' =
Model.AddBlockFragment("SECTION_', N_SEC(1:4), '" )'

RETURN
END

```

Функція для задання навантажень:

```
SUBROUTINE WRITE_LOAD_FR(NFILE, NAME_SEC, N_SEC, N_FR, LOAD)
```

```
CHARACTER*4 NAME_SEC
```

```
CHARACTER*128 LOAD(128)
```

```
DIMENSION N_SEC(4), N_FR(4)
```

```

! ' Load "Temper_Nagr"

!f_WKAN0001.AddLoadSection Array("Temper_Nagr", "1", "1", "1", "M1", "M2", "M3",
"T_WING_RST")

IF(TRIM(LOAD(1)).EQ. 'Temper_Nagr') THEN

```

					ЛПІ51(1).091696.01-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

```

write(NFILE,*) "' Load"
write(NFILE,'(A,A4,4I1,A,A,8(3A),A)')'f_', &
NAME_SEC, &
N_FR(1:4), &
'.AddLoadSection Array', &
'(', &
'",', TRIM(LOAD(1)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(2)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(3)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(4)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(5)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(6)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(7)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(8)), '"', &
')'

END IF

!' Load
!f_FERM0114.AddLoadSection Array("Sobves", "-3")
IF(TRIM(LOAD(1)).EQ. 'Sobves') THEN
write(NFILE,*) "' Load"
write(NFILE,'(A,A4,4I1,A,A,2(3A),A)')'f_', &
NAME_SEC, &
N_FR(1:4), &
'.AddLoadSection Array', &
'(', &
'",', TRIM(LOAD(1)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(2)), '"', &
')'

END IF

!' Load
!f_FERM0114.AddLoadSection Array("SBVS333", "-3", "Own_weight")
IF(TRIM(LOAD(1)).EQ. 'SBVS333') THEN
write(NFILE,*) "' Load"
write(NFILE,'(A,A4,4I1,A,A,3(3A),A)')'f_', &
NAME_SEC, &
N_FR(1:4), &
'.AddLoadSection Array', &
'(', &
'",', TRIM(LOAD(1)), '"', ', &
'",', TRIM(LOAD(2)), '"', ', &

```



```

'''', TRIM(LOAD(3)), ''', &
    ')'
```

END IF
RETURN
END

Після запуску програми відкриваємо проект і бачимо що всі необхідні елементи (рис. 1.1.- 1.3.) і змінні (рис. 1.4.) створені.

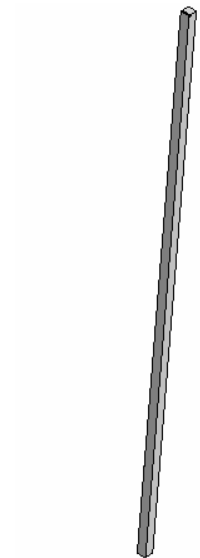


Рис. 1.1. Елемент пілона

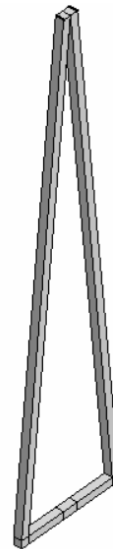


Рис. 1.2. Модель пілона

Готова модель мостового переходу аміакопроводу зображена на рис..

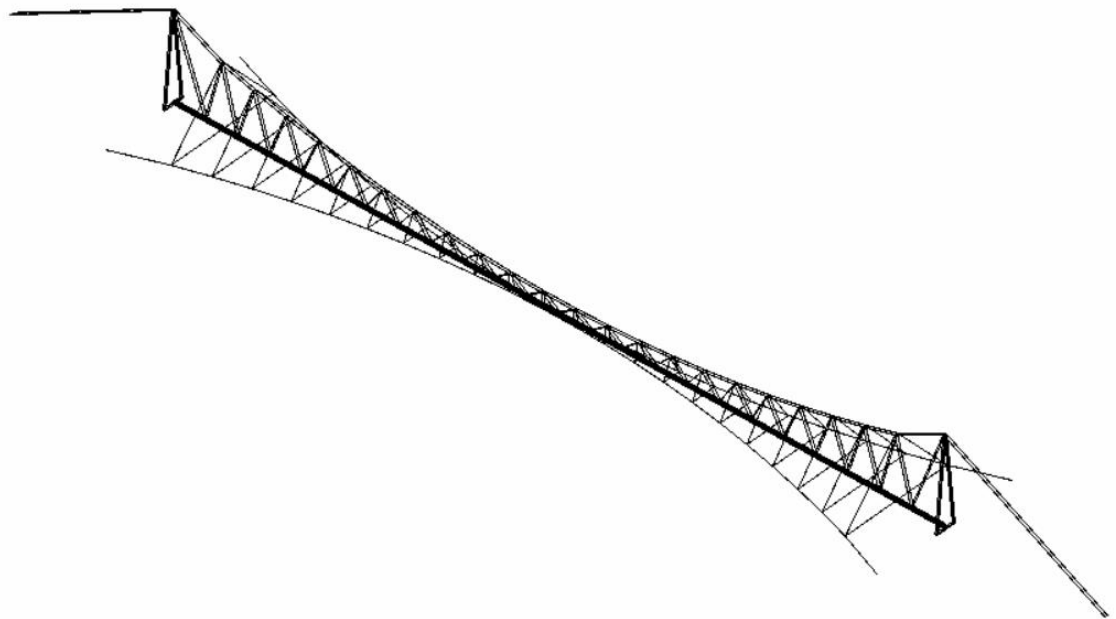


Рис. 1.3. Модель мостового переходу аміакопроводу

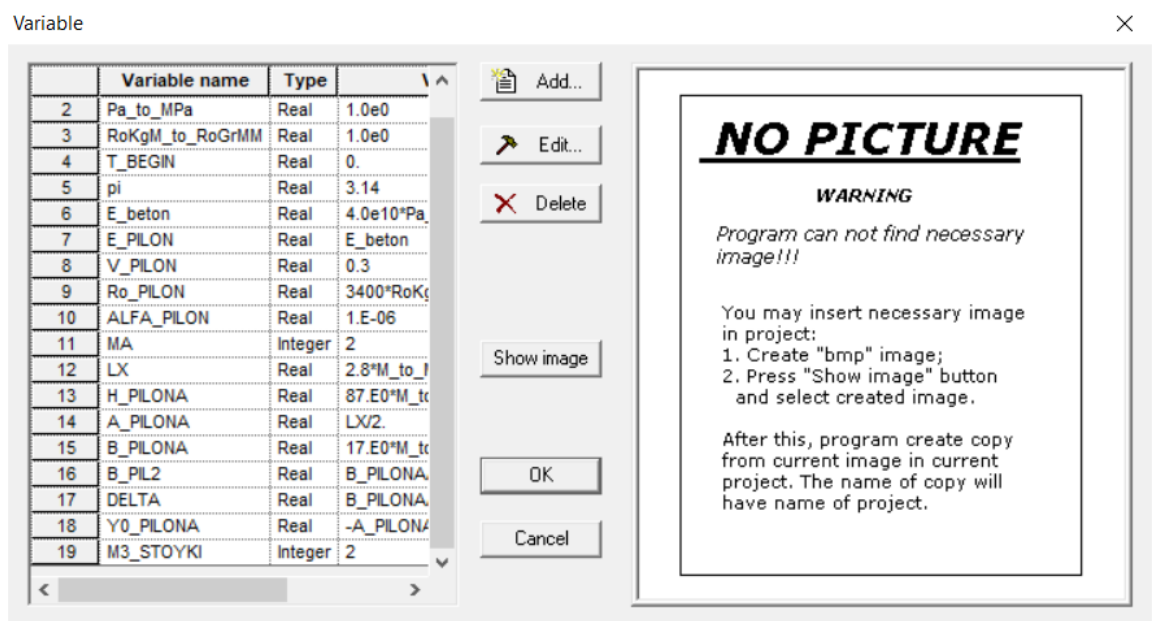


Рис. 1.4. Змінні в діалоговому вікні APROKS

Після отримання готової моделі моста перевіряємо навантаження в меню Load (рис. 1.5.).

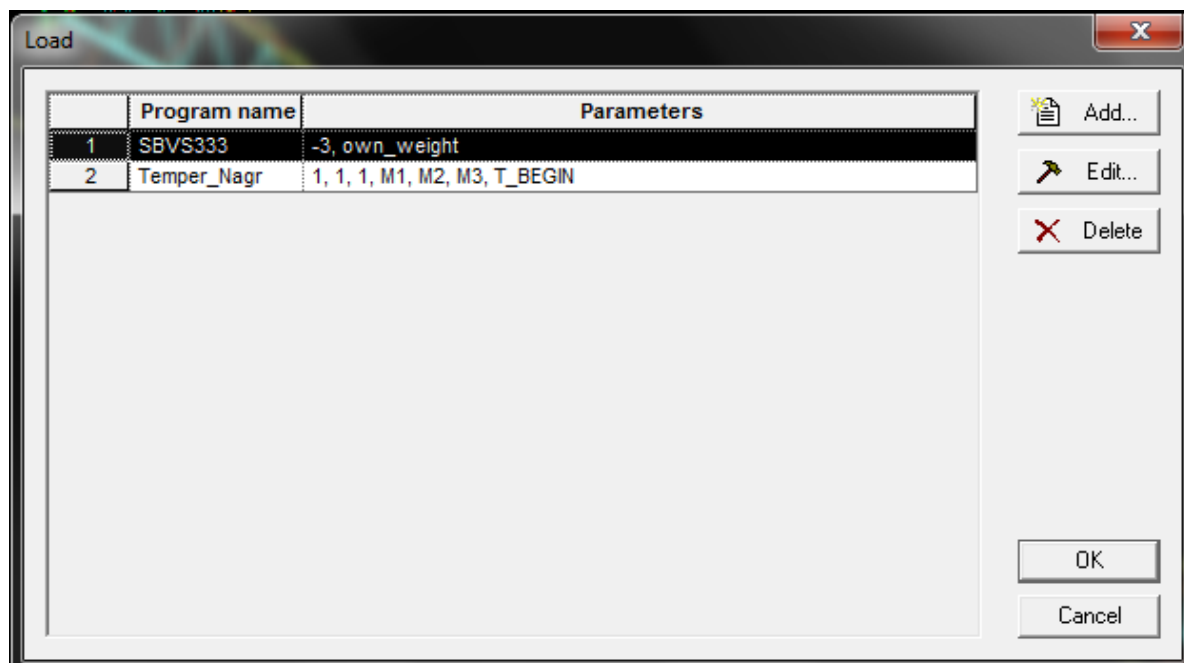


Рис. 1.5. Діалогове вікно Load

2. Розрахунок глобальної задачі

Розрахунки проводились по алгоритму ST333, для термічних деформацій (рис.2.1).

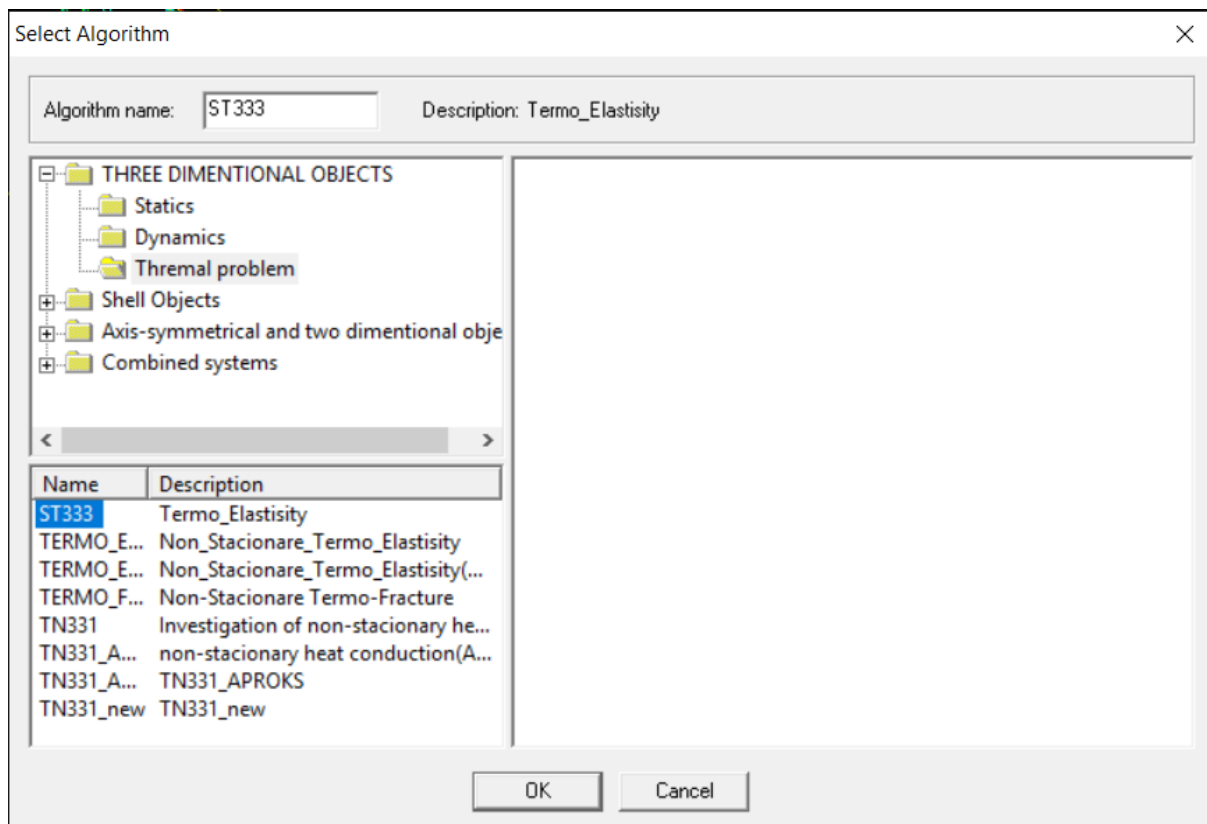


Рис.2.1 Алгоритм розрахунку ST333

Потім додаємо потрібну кількість алгоритмів і міняючи температуру навколишнього середовища робимо розрахунки для кожного сезону (рис.2.2).

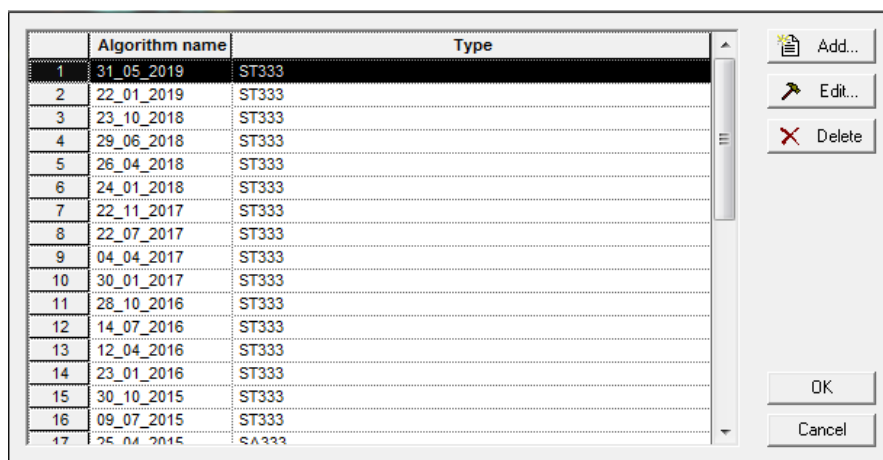


Рис.2.2 Алгоритми

Отримуємо результат (рис.2.3, рис.2.4).

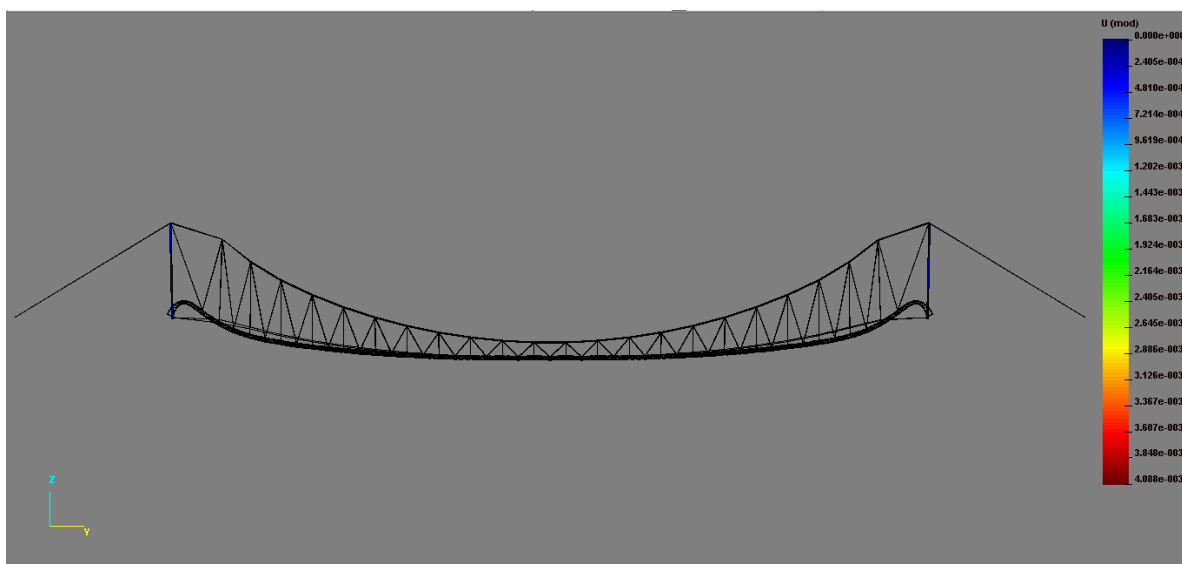


Рис.2.3 Деформація мосту від дії температури в масштабі 10000:1

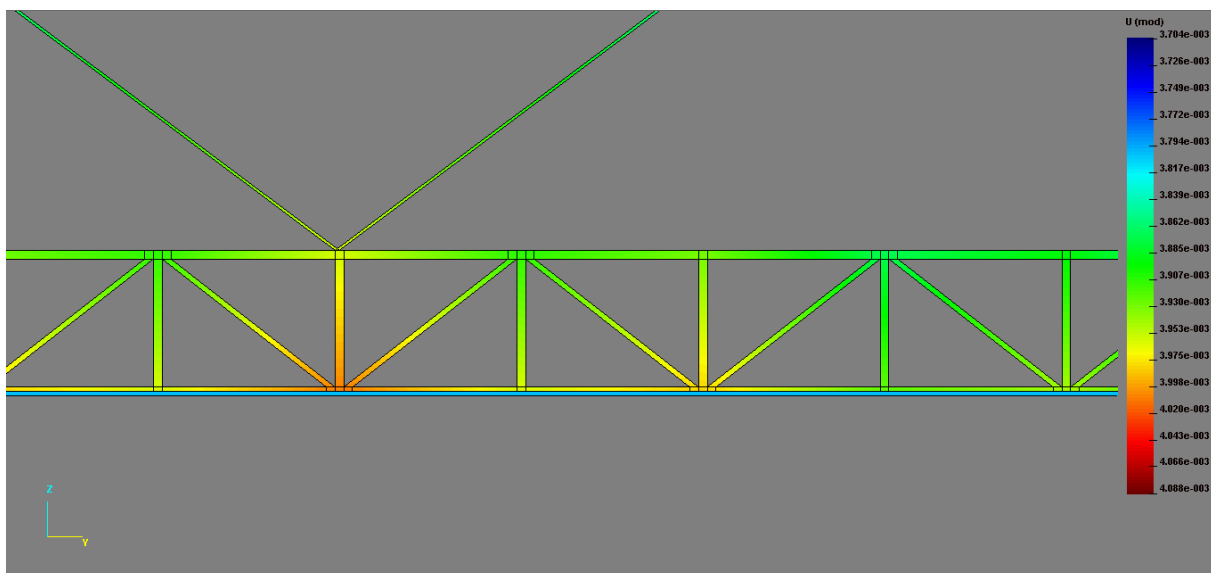


Рис.2.4 Навантаження на елементи мосту

Отримані дані оформляєм в графіки залежності модуля деформації і напруження в період від листопада 2010р. до травня 2019р. (рис.2.5, рис.2.6).

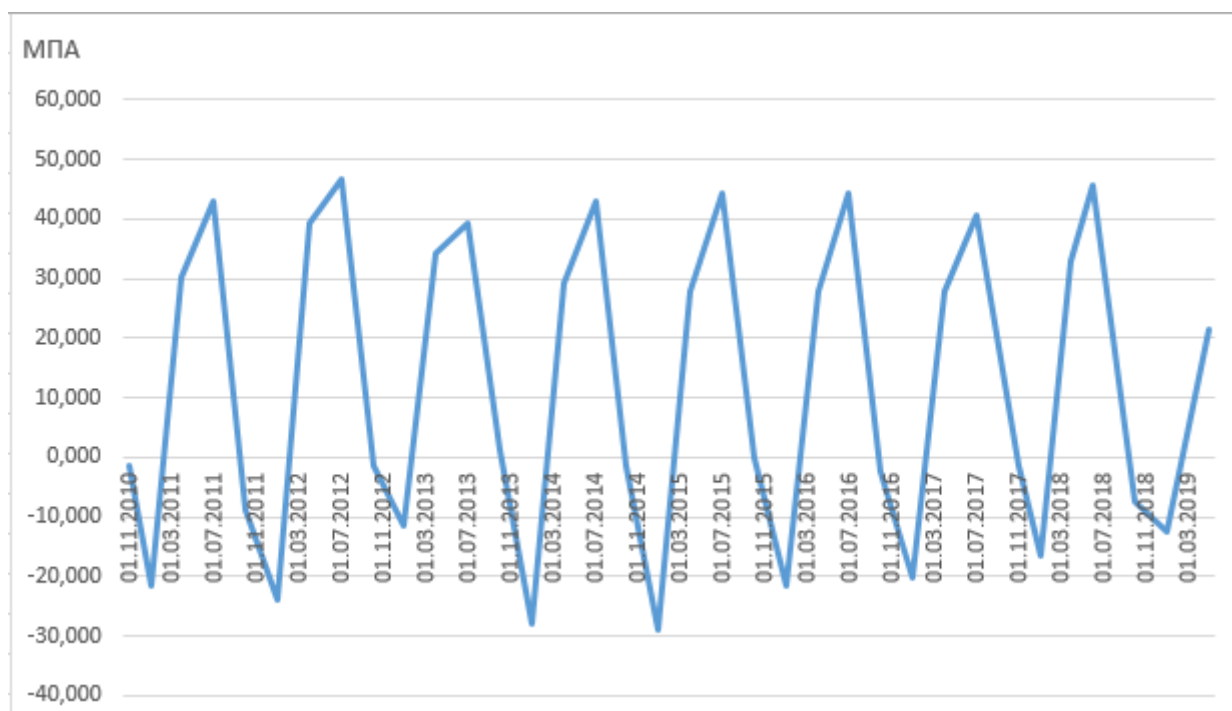


Рис.2.5 Графік залежності напруження від часу

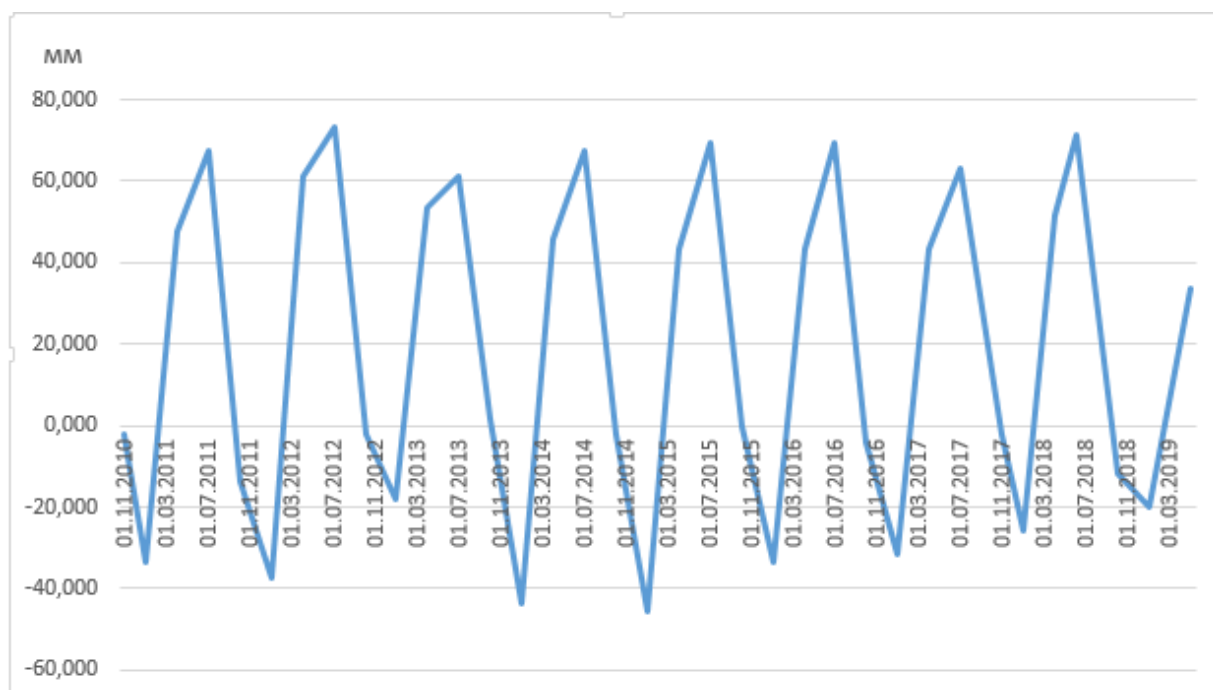


Рис.2.6 Графік залежності модуля деформації від часу

3. Розрахунок підструктури

Для уточнення даних побудував в підструктуру в системі автоматизованого проектування САПІА. Після чого було проведено експортування 3D моделі підструктури двох секцій ферми в середовище Abaqus (рис. 2.1.). В якості граничних умов надано переміщення, які були розраховані в глобальній задачі.

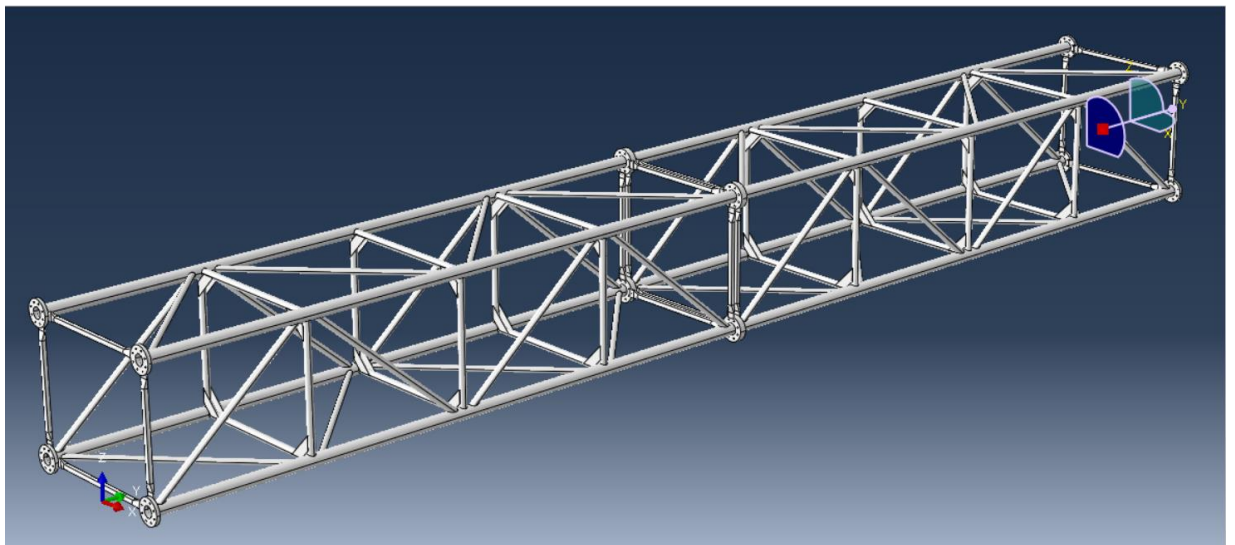


Рис. 2.1. 3D-модель підструктури

В середовищі системи Abaqus було виконано процес дискретизації підструктури, скінчено елементна модель якої приведена на рис.2.2.

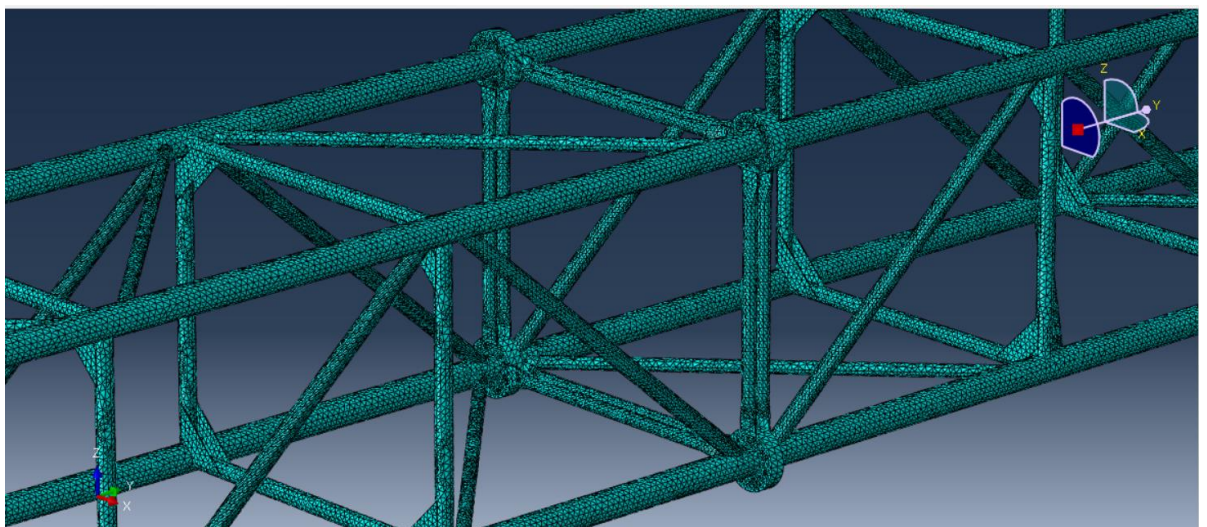


Рис. 2.2. Скінчено елементна модель підструктури

В роботі виконаний ряд числових експериментів для определения компонентів вектора переміщень підструктури а також компонент тензора напружений з целью їх уточнених в місцях зєднання горизонтальних поясів і стоек секції ферми. В результаті розрахунків отримано деформовану модель (рис. 2.3.), а також картини муарів розподілу напружень в 3D моделі секції (рис. 2.4.-2.7).

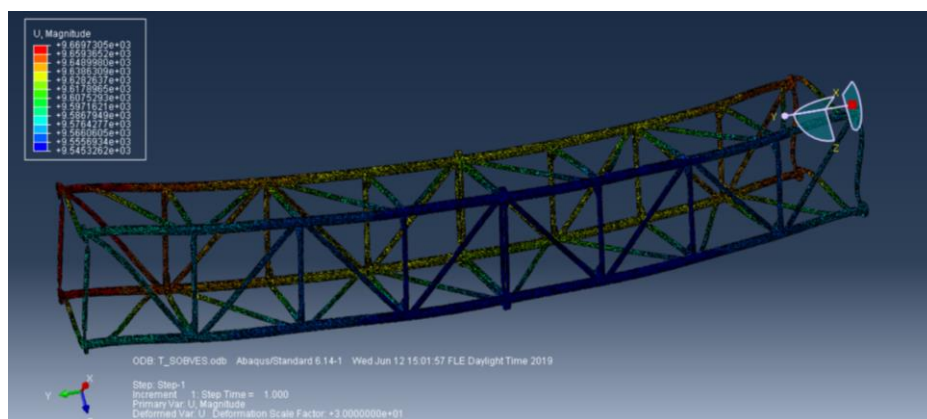


Рис. 2.3. Деформована модель (мм)

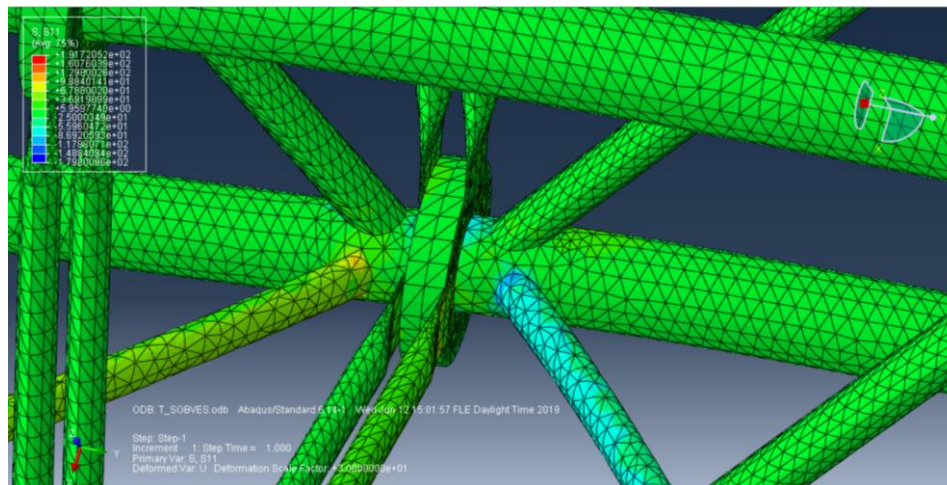


Рис. 2.4. Розподіл σ_{11} (МПа)

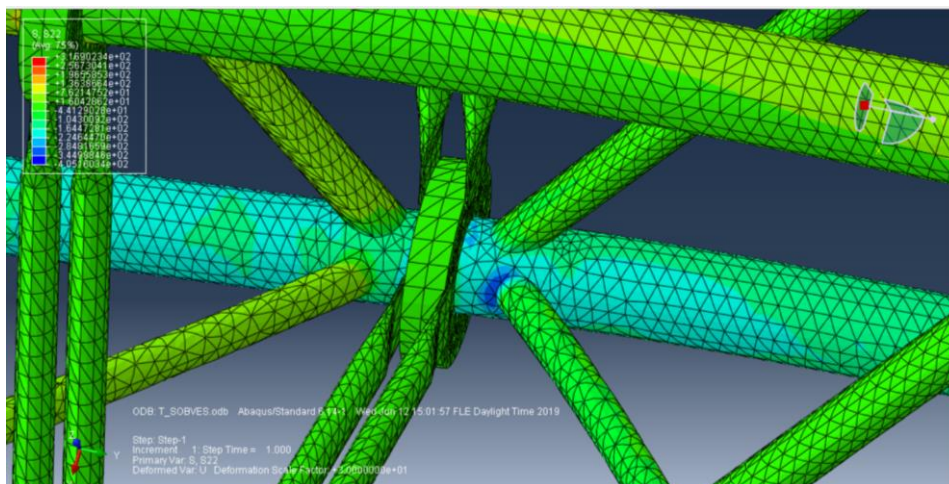


Рис. 2.5. Розподіл σ_{22} (МПа)

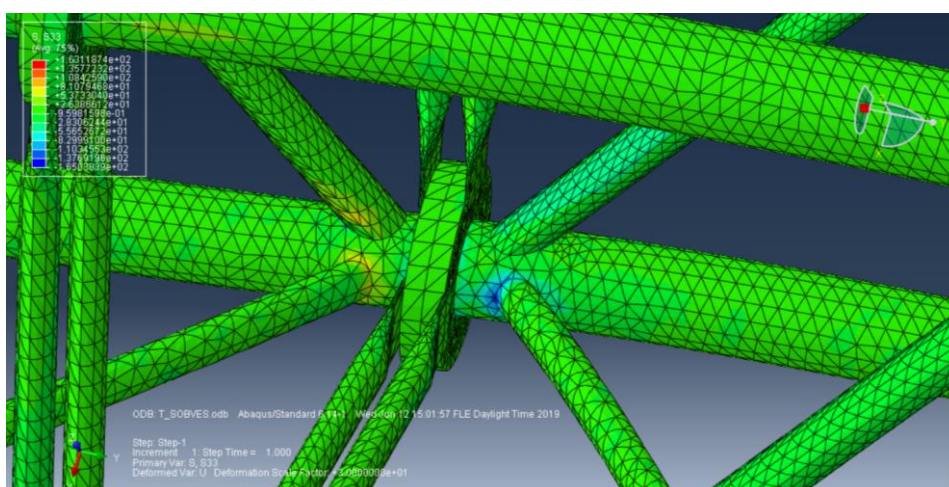


Рис. 2.6. Розподіл σ_{33} (МПа)

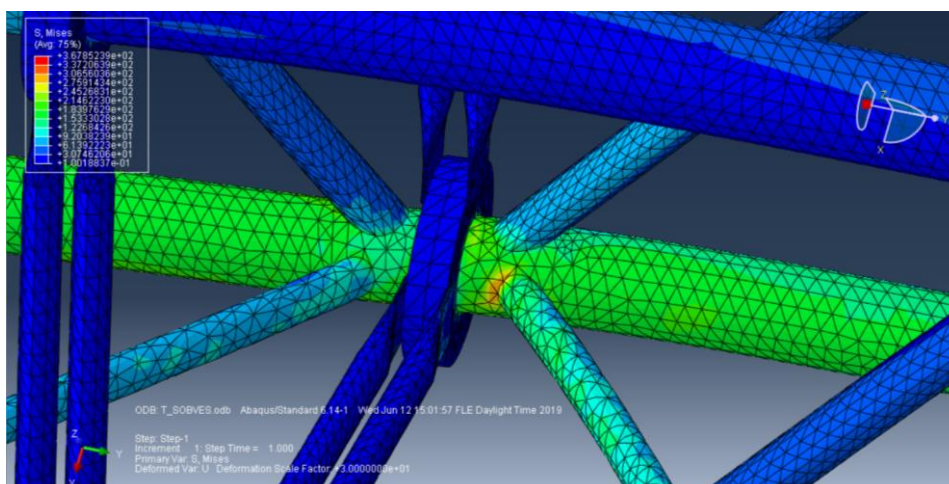


Рис. 2.6. Розподіл напружень за Мізесом (МПа)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП51(1).091696.01-70PP

Арк.

22

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур» отримані наступні результати:

1. Програмний код системи генерації скінчено елементної моделі мостового переходу для вирішення глобальної задачі.

2. Розрахунки компонентів тензора напружень і вектори переміщень глобальної задачі мостового переходу виконано в системі автоматизації розрахунків на міцність АПРОКС, за допомогою алгоритму ST333 .

3. Вихідними даними були взяті дані з веб сервісу gismeteo протягом з листопада 2010р. по травень 2019р..

4. За результатами розрахунку отримано історію деформування мостового переходу в період з листопада 2010р. по травень 2019р.. Побудовані відповідні графіки для зони що має найбільш напружений стан.

4. На базі системи САПІА створена 3D модель підструктури двох секцій мостового переходу.

5. Виконана дискретизація підструктури в системі Abaqus. Отримана скінчена елементна модель.

6. На базі алгоритму вимушених переміщень системи Abaqus (переміщення були отримані в системі АПРОКС) отримані уточнені результати компонент тензора напружень.

7. В результаті аналізу даних розрахунків підструктури виявлено концентратори напружень і слабкі місця конструкції несучої ферми мостового приходу через р. Дніпро.

8. Виконано оцінку довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур.

					ЛП51(1).091696.01-70PP	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект на тему «Оцінка довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур» за мету якого було поставлено вивчити призначення, конструкцію мостового переходу аміакопроводу Тольятті-Одеса через р. Дніпро і провести модернізацію рухомої щоки дробарки щоквої.

Було проведено виконання наступних етапів:

- проведено огляд схожих конструкцій мостових переходів;
- проаналізовано технічні характеристики мостового переходу через р. Дніпро;
- розглянуто проектні дані мостового переходу і окремих його елементів;
- обрано та проведено опис методу скінчених елементів;
- розглянуто основні формули методу скінчених елементів для ізопараметричного скінченого елемента;
- було вибрано програмне забезпечення для вирішення глобальної задачі
- розроблено спрощену модель мостового переходу і 3D модель підструктури;
- розраховано компоненти тензора напружень і вектори переміщень глобальної задачі мостового переходу;
- розраховано компоненти тензора напружень і вектори переміщень підструктури мостового переходу;

В результаті виконання низки розрахунків, було виявлено :

- виявлено концентратори напружень і слабкі місця конструкції несучої ферми мостового приходу через р. Дніпро.
- виконано оцінку довговічності аміакопроводу через р. Дніпро від дії сезонної зміни температур.

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел та матеріалів

1. Метод конечных элементов в механике твердых тел. / Под общ. ред. А.С. Сахарова и И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. - 480 с.
2. Сабоннадьер Ж.-К., Кулон Ж.-Л. Метод конечных элементов и САПР: Пер. с франц. – М.: Мир, 1989. – 190 с., ил.
3. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 504 с.
4. Д. Брок Основы механики разрушения. – М.: Высш. школа, 1980. – 368с..
5. Сахаров О.С. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень - Навчальний посібник / Сахаров О.С., Гондляр О.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: Т«ЕКМО», 2008 р. – 180с.: іл. -180 с.
6. Сахаров О.С. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості / Сахаров А.С., Гондляр А.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: ТОВ «Поліграф Консалтинг», 2006, -156 с.
7. Сахаров О.С. САПР. Автоматизоване конструкторське та технологічне проектування з використанням AutoLisp . - Навчальний посібник / Сахаров О.С. Гондляр А.В., Сівецький В.Ю. Щербина В.Ю. // К.: Т«ЕКМО», 2008 р. – 208с.: іл. -208 с.
8. Сахаров О.С. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання. – Підручник / Сахаров О.С., Гондляр О.В., Сівецький В.І., Щербина В.Ю. // К.: Видавництво —ЕКМО, 2010. -154 с.

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Гондлях А.В. Итерационно-аналитическая теория деформирования многослойных оболочек // Сопротивление материалов и теория сооружений. - К.: Будивельник.-1988.-N53.-с.33-37.

10. Баженов В.А. Нелинейные задачи механики многослойных оболочек / Баженов В.А., Сахаров А.С., Гондлях А.В., Мельников С.Л. // Монография. - К.: НД Будмехан ки.-1994.-264с.

11. Сахаров, О. С. Модификация метода Ритца для расчета массивных тел на основе полиномиальных разложений с учетом жестких смещений // Сопротивление материалов и теория сооружений. — К.: Будівельник. 1974. — № 23. — С. 47-52.

12. Сахаров, О. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел // К.: Вища школа, 1982, С. 214–279.

13. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій

[Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 77 с. URL:

<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>

14. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести // М.:Машиностроение, 1975. – 400 с.

15. САПР. Система інформаційної підтримки життєвого циклу захисних оболонок та обладнання АЕС/О. В. Гондлях, В. І. Сівецький, В. Ю. Щербина, А. О. Чемерис, В. Ю. Онопрієнко. – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 190с. –

16. Гондлях О.В., Сахаров О.С., Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Чемерис А.О. САПР. Чисельне моделювання нелінійного деформування та руйнування багатопарових елементів хімічного обладнання. Частина 1. ПРУЖНІ МУФТИ . — К.: ВП «Едельвейс», 2011. -172 С.

17. Н А К А З 11.01.2005 №2, Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації магістральних трубопроводів для транспортування рідкого аміаку (аміакопроводів)

					ЛП-51(1).101696.01-70ДП	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		